



APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE BARRERAS PARA LA CONSERVACIÓN INDIVIDUAL Y DE MEZCLAS DE HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Alejandro Escobar Hernández

Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Medellín, Colombia
2013

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE BARRERAS PARA LA CONSERVACIÓN INDIVIDUAL Y DE MEZCLAS DE HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Alejandro Escobar Hernández

Tesis de grado para optar el título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director
Carlos Julio Márquez Cardozo
Ingeniero Agrícola, D.Sc.
Profesor Asociado

Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Medellín, Colombia
2013

DEDICATORIA

A DIOS por todo, A mi padre que desde el cielo siempre está conmigo, A mi madre quien puso DIOS en mi camino para ser siempre ese motor que me conduce a lograr mis metas, A mi abuela y hermano quienes con sus palabras y buenos deseos siempre me apoyaron para salir adelante. Gracias a estas personas que amo con el corazón y me impulsaron a hacer realidad este gran sueño.

Mientras más difícil se haga el camino., Dios multiplicara mis fuerzas, y mientras más fuertes se hagan mis pruebas, más grande será mi victoria

Alejandro Escobar Hernández.

AGRADECIMIENTOS

En especial un agradecimiento muy grande a DIOS quien fue mi guía y me dio la fortaleza y sabiduría de seguir adelante y de poder sobrepasar los obstáculos que se me presentaran y en especial por darme la oportunidad de tener una mamá como la que tengo, la cual fue siempre ese gran motor para alcanzar la meta. De igual forma un agradecimiento muy especial para mi Abuela Nelly Hernández, Hermano Mauricio Escobar, Adriana Hernández, Daniel Escobar, Kamilo Escobar y a mis grandes amigos Carlos Rosero, Miguel Gonzáles, Cristian Cardona y Aldemar Caicedo los cuales fueron fundamentales con sus palabras de apoyo en todo este proceso de formación.

Al profesor Carlos Julio Márquez Cardozo y a la Directora técnica de la Fundación INTAL Claudia Estela Restrepo por su importante apoyo, dirección y asesoría en todo mi proceso de formación.

A los Doctores Jairo Patiño, Jaime Andrés Cano y a la Fundación INTAL por haber permitido comenzar mi proceso de formación como investigador y hacer uso de todos los servicios de laboratorio y plantas piloto para poder llevar a cabo la investigación.

Al convenio 290/2011 celebrado entre la Fundación INTAL y COLCIENCIAS por el financiamiento de las actividades de esta investigación. A la Organización ALICO por la proveeduría de materiales y empaques y a la empresa Alimentos Coma sano.

A todo el grupo de trabajo que hace parte de la Fundación INTAL y de los que hicieron parte de ella, en especial a los Ingenieros, Luís Jaime Pérez, Gustavo Buelvas, Esteban Largo, Mary Luz Castrillón, Luís Eduardo Henríquez, Marlon Berrio, Diana Rivero, Sofía Adarve, Luisa Lombana, Catalina Yepes, la microbióloga Luz Marina Gómez, a la zootecnista Yurani Correa y muy especial a mi amigo William Salazar. En general quiero agradecer a todos los que de una u otra forma aportaron al logro de esta meta.

RESUMEN

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son en la actualidad un grupo de alimentos a los cuales se les está prestando un especial cuidado gracias a sus características nutricionales y saludables, siendo estas últimas el centro de atención de muchas investigaciones por los llamados compuestos antioxidantes. Los vegetales cuarta gama tienen la característica de que al ser procesados sus reacciones metabólicas se aceleran, ocasionando su rápido deterioro y por ende periodos de vida útil cortos. Esta situación es la que ha llevado a la implementación de nuevas tecnologías que permitan conservar por más tiempo sus características nutricionales y funcionales, dentro de las tecnologías emergentes cabe destacar la tecnología de barreras, la cual tiene como principio obtener el efecto sinérgico de la diversidad de los tratamientos utilizados en los procesos de conservación. La presente investigación tuvo como objetivo aplicar la tecnología de barreras para la conservación individual y de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas. En la primera etapa del estudio se utilizaron como materias primas seis tipos de hortalizas: brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L), chayote (*Sechium edule*), apio (*Apium graveolens*) y zanahoria (*Daucus carota*), los vegetales fueron lavados, desinfectados y procesados para luego aplicarles los tratamientos o barreras correspondientes a tratamiento térmico, recubrimiento comestible, aspersión de baño químico y un control, las hortalizas fueron envasadas en contenedores herméticos y luego almacenadas a 8 °C para los posteriores análisis (Tasa de producción de CO₂ y calidad sensorial). Los resultados mostraron que el tratamiento térmico y el recubrimiento comestible fueron los que mejores características sensoriales y fisiológicas brindaron a las hortalizas mínimamente procesadas.

En la segunda etapa de la investigación se procesaron de igual forma los vegetales y se llevaron a la aplicación de los tratamientos que tuvieron un efecto significativo (favorable) en su conservación: tratamiento térmico (brócoli, coliflor, chayote y zanahoria) y recubrimiento comestible (apio). Luego los vegetales fueron mezclados en distintas proporciones y envasados en dos tipos de bandeja (empaquete en atmósfera modificada y empaque en bandeja sello plus), donde una de las bandejas llevaba la inyección de una mezcla de gases, mientras que la otra fue sellada con aire ambiente normal. Se realizó un estudio de vida útil durante 12 días acompañado de análisis microbiológicos, fisiológicos, fisicoquímicos y sensoriales. Los resultados mostraron que el proceso de desinfección y el tratamiento térmico tuvieron efecto en la reducción de la población microbiana para el día cero de evaluación. La evaluación fisicoquímica y fisiológica presentó diferencias estadísticamente significativas de los parámetros evaluados con respecto al tiempo de almacenamiento. La vida útil para la mezcla de vegetales acondicionada en bandeja sello plus fue de 7 días y en las hortalizas acondicionadas en atmósfera modificada fue de 5 días. La aplicación de la tecnología de barreras se mostró

como una alternativa viable en la conservación de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas.

Palabras clave: hortalizas mínimamente procesadas, tratamiento térmico, vida útil, tecnologías emergentes

ABSTRACT

The fresh-cut fruits and vegetables are now a group of foods to which they are being given special care because of its nutritional and healthy, the latter being the focus of much research by compounds called antioxidants. Vegetables fourth range has a characteristic that when processed its metabolic reactions are accelerated, causing rapid deterioration and therefore short shelf life. This situation is what has led to the implementation of new technologies to preserve longer nutritional and functional characteristics within emerging technologies include barrier technology, which has in principle obtain the synergistic effect of the diversity of treatments used in conservation processes. The present study aimed to apply technology barriers for individual preservation and minimally processed vegetable mixtures. In the first stage of the study were used as raw materials are six types of vegetables: broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italic*), cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbitapepo* L), vegetable pear (*Sechiumedule*), celery (*Apiumgraveolens*), carrot (*Daucuscarota*), the vegetables were washed, disinfected and processed and then apply appropriate treatments or barriers to heat treatment, edible coating, spraying chemical bath and a control, the vegetables were packed in airtight containers and then stored at 8 °C for further analysis (CO₂ production rate and sensory quality). The results showed that the heat treatment and the edible coating were the best sensory characteristics and physiological toasted at six fresh-cut vegetables.

In the second stage of the research were processed similarly and vegetables led to the application of the treatments had a significant effect (favorable) in conservation: heat treatment (broccoli, cauliflower, vegetable pear and carrot) and edible coating (celery). Then the vegetables were mixed in various proportions and packed into two kinds of tray (modified atmosphere packaging and packing seal tray plus), where one of the trays carrying the injection of a gas mixture, while the other was sealed with air normal environment. A study of shelf life for 12 days accompanied by microbiological, physiological, physicochemical and sensory. The results showed that the disinfection process and the heat treatment had an effect in reducing the microbial population for evaluation on day zero. The physicochemical and physiological assessment statistically significant differences of the parameters evaluated with respect to storage time. The study showed life times to vegetable mixture of 7 days for packed and tray seal plus 5 days for modified atmosphere packaged. The combination of barrier is shown as a viable alternative in preserving fresh-cut vegetables mixtures.

Keywords: fresh-cut vegetables, heat treatment, shelf-life, emerging technologies

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS	11
INTRODUCCIÓN	12
MARCO REFERENCIAL	14
CAPÍTULO 1	40
APLICACIÓN DE TRATAMIENTO TÉRMICO, RECUBRIMIENTO COMESTIBLE Y BAÑO QUÍMICO COMO BARRERAS PARA LA CONSERVACION DE HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS.....	40
RESUMEN.....	41
ABSTRACT	42
INTRODUCCIÓN.....	43
MATERIALES Y MÉTODOS	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
CONCLUSIONES	52
AGRADECIMIENTOS	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
CAPÍTULO 2	59
APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE BARRERAS PARA LA CONSERVACIÓN DE MEZCLAS DE VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS	59
RESUMEN.....	60
ABSTRACT	61
INTRODUCCIÓN.....	62
MATERIALES Y MÉTODOS	63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
CONCLUSIONES	72
AGRADECIMIENTOS	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73

CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA DE LA INTRODUCCIÓN Y DEL MARCO REFERENCIAL	80
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DEL ARTÍCULO	93

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

Pág.

Figura 1. Calidad sensorial general de los vegetales mínimamente procesados después de 24 horas de almacenamiento, a $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de $90\% \pm 5\%$, los símbolos representan la media y las líneas los valores de la diferencia mínima significativa para un nivel de confianza del 95%. 50

CAPITULO 2

Figura 1. Resultados de la bandeja PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE inyectada con gases (EAM ▲), y de la bandeja PET tipo carter Sello Plus (EBSP ■), para las evaluaciones; Determinación de la producción de CO_2 (A), Pérdida fisiológica de peso (B), pH (C) y Calidad sensorial general (D), para la mezcla de vegetales mínimamente procesados almacenados a 4°C durante 12 días. Los símbolos representan la media y las barras verticales el porcentaje de error de $\pm 5\%$, para $n=6$68

Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

MARCO REFERENCIALPág.

Tabla 1. Tecnología de barreras utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.....	25
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPITULO 1

Tabla 1. Tasa de producción de CO ₂ expresada en % medida durante 24 horas, para seis vegetales mínimamente procesados, los resultados muestran la media \pm la desviación estándar para n=3.....	49
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPITULO 2

Tabla 1. Cambios en la población microbiana (log UFC. g ⁻¹) de la mezcla de vegetales mínimamente procesados, almacenada durante 12 días a 4°C.....	67
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 2. Valores críticos para tiempo de almacenamiento de la mezcla de vegetales mínimamente procesados envasada en bandeja de PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE (EAM) y en bandeja PET tipo cartera Sello Plus (EBSP) a 4°C.....	71
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que a través de los tiempos se ha caracterizado por ser un productor de gran variedad de frutas y hortalizas, siendo estas fundamentales en la canasta familiar de todos los hogares. A pesar de poseer una muy buena diversidad y un buen nivel de producción, se presenta un factor determinante en su comercialización, como son los altos niveles de perecibilidad, ocasionándole pérdidas en la calidad y por ende la poca aceptabilidad del consumidor. Estas pérdidas son ocasionadas en la mayoría de los casos por situaciones como la sobreproducción, la cual se ve afectada por diferentes factores como la poca demanda por el consumidor, encontrándose por debajo del límite de consumo diario de vegetales por persona que es equivalente a 400g. Una alternativa que ha surgido en los últimos años para incentivar el consumo de vegetales es la de aplicar un mínimo proceso, alternativa que llama mucho la atención debido que el vegetal conserva gran parte de su contenido nutricional y de su frescura, textura, apariencia, sabor y aroma característico, esta alternativa además de incorporar valor agregado, se constituye en una solución viable para las personas que viven un agitado ritmo de vida, con poco tiempo para el procesamiento de alimentos.

Dentro de los vegetales mínimamente procesados cabe destacar el grupo de las hortalizas, a las cuales se les está teniendo un especial cuidado gracias a sus características nutricionales como lo son las vitaminas, fibra, minerales y antioxidantes. Las hortalizas mínimamente procesadas se encuentran en diferentes presentaciones ya sea en forma individual o en mezclas con otros vegetales, estas últimas se muestran como la alternativa más apetecible por el consumidor, este fenómeno se debe a que las personas hoy en día buscan satisfacer sus necesidades alimenticias de forma rápida, siendo las mezclas de vegetales mínimamente procesadas un conjunto de compuestos nutricionales que el organismo necesita para estar saludable.

Por lo anterior se hace necesaria la aplicación de tecnologías de conservación que permitan mantener la estabilidad comercial de las mezclas de vegetales mínimamente procesadas (ensaladas) y por consiguiente conservar su calidad nutricional. Dentro de las tecnologías de conservación en vegetales cuarta gama cabe destacar a la ultracongelación (IQF), la impregnación al vacío, la utilización de conservantes químicos, y la aplicación de tratamientos combinados o tecnología de obstáculos, siendo esta última la de mayor interés por parte de las pequeñas y medianas empresas productoras de vegetales mínimamente procesados en Colombia, gracias a que los costos son relativamente bajos con respecto a las otras tecnologías, además cuenta con la gran ventaja de conservar las características nutricionales, funcionales y sensoriales de los vegetales mínimamente procesados (Wiley, 1997).

El objetivo general de la presente investigación fue aplicar algunas de las tecnologías de barreras para la conservación individual y de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas.

MARCO REFERENCIAL

ESTADO ACTUAL DE LOS VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

En la actualidad los seres humanos se están preocupando cada vez más por el consumo de alimentos sanos y saludables que permitan mejorar de esta forma su bienestar. Las frutas y hortalizas son reconocidas por los beneficios que brindan al ser consumidas. La OMS (organización mundial de la salud) recomienda consumir una ración de al menos 400g de frutas y hortalizas al día (Ragaert *et al.*, 2004).

Las ventas de frutas y hortalizas listas para consumir han crecido rápidamente en los últimos años como resultado del cambio de las actitudes de las personas al preferir alimentos saludables, este crecimiento se debe en parte a que existen cambios poblacionales a nivel mundial que han propiciado nuevas tendencias alimenticias, tanto para consumidores como para la industria alimentaria, además cabe destacar que en América Latina existe un notable incremento en la urbanización de las ciudades, lo cual ha conllevado a que las personas tengan menos tiempo para preparar los alimentos dentro de sus hogares y por consiguiente vean necesario disponer de alimentos listos para el consumo (vegetales IV gama) (Rico *et al.*, 2007).

El mercado de los mínimamente procesados a nivel mundial se puede decir que mantiene un crecimiento desde su incursión a principios de los años 90. La asociación internacional de productos frescos cortados (IFPA, 2000), reportó en el año 2000 ventas de 12 billones dólares, donde el 60% fue para servicio a empresas del ramo alimenticio y el 40% de las ventas realizadas a distribuidores. En Estados Unidos de Norteamérica se reportaron ventas de 12.000 millones de dólares en el año 2005, mostrando un aumento del 25% con respecto al 2003. En el Reino Unido las ventas fueron de más de 700 millones de euros en el 2005 y en Francia se vendieron 77.000 ton de este tipo de productos, seguido por Italia con 42.000 ton. En el 2005 Italia lidero la tasa de crecimiento del sector en un 28,5% con respecto al año 2004. Cabe mencionar que en Italia el 40% de las personas incluyen alimentos mínimamente procesados en su dieta (Alonso y Chiesa, 2009).

En España el consumo de alimentos mínimamente procesados ha ido en aumento en las últimas décadas, y se espera que siga creciendo durante los próximos años, esto debido a tendencias socio demográficas como: envejecimiento medio de la población, mayor

ocupación laboral de la mujer, aumento del nivel de renta, entre otros. En España se ha pasado de consumir 3 kg al año de estos productos a 10 kg (Carreres, 2010).

Por su parte, en Japón, el mercado de los mínimamente procesados creció en un 6% anual durante la década de los 90 y se registraron ventas de 50000 millones de yens en 1999. La distribución del mercado para 2001 fue: 31% para mercado institucional, 23% supermercados y 21% en tiendas de conveniencia. El total de materia prima destinada a la industria de los IV gama fue de 92672 toneladas, siendo los principales vegetales utilizados: repollo, zanahoria, cebolla, lechuga, rábano japonés, papa, repollo chino, pimiento dulce, pepino y zucchini. Para el año 2005 el mercado Japonés y Coreano alcanzaron cifras de hasta 2500 y 1100 millones de dólares respectivamente, en este último país (Corea) las ventas de vegetales mínimamente procesados crecieron a una tasa del 10% anual desde el año 2000, los productos con más índice de consumo fueron las hortalizas para cocinar y las ensaladas a base de lechuga capuchina y de repollo.(Shiina y Hasegawa, 2007; Alonso y Chiesa, 2009).

En Corea y en Japón, el mercado interno en general está creciendo con las tasas más altas de Asia y el consumo por parte de la población se encuentra en franca expansión. Las hortalizas mínimamente procesadas no son ajenas a dicho fenómeno, pero se detectó que una fuerte barrera para el futuro crecimiento del negocio es la percepción de seguridad alimentaria por parte del consumidor, debido a que los productos no se consolidarán en la preferencia de la población si no se asegura la inocuidad de los mismos (Kim, 2007).

Al contrario de Norteamérica, de los países europeos y asiáticos, en Latinoamérica el panorama es un poco distinto ya que la industria de los vegetales mínimamente procesados está muy poco desarrollada. La forma como se han estado introduciendo en el mercado ha sido describiendo a las frutas y hortalizas cortadas como “un nuevo concepto de frescura”, como un clásico ejemplo de valor agregado.

Latinoamérica es una región donde se producen gran cantidad de hortalizas y frutas tropicales, sin embargo esta región no ha presentado un gran crecimiento en la industria procesadora de los vegetales mínimamente procesados. Esto se debe a que las personas no están acostumbradas al consumo de este tipo de productos y el poder adquisitivo de la población, en general, está muy por debajo comparado al de los consumidores de otras regiones como Europa y Norteamérica. Sin embargo, actualmente, se observan cambios de hábitos en los consumidores latinoamericanos siendo similares a los hábitos acogidos por los consumidores norteamericanos. En Colombia se han presenciado esta clase de cambios en los últimos años, productores y consumidores ahora convergen en lo saludable, delicioso y funcional. En el mercado dirigido a consumidores, en especial los hipermercados, cada vez es más alta la presencia de productos mínimamente procesados a base frutas y hortalizas frescas listas

para consumir, tales como: ensaladas listas con aderezos, mezclas de brócoli, coliflor, zanahoria y de lechuga como base para ensaladas, fruta pelada y troceada, verduras peladas y troceadas para la preparación de sopas y platos, entre otros. De igual forma en algunos países como Argentina y Panamá, el consumo de este tipo de productos está empezando a tomar mayor importancia. En otros como Perú, Bolivia, Paraguay, Ecuador y la mayoría de los países de Centroamérica, los volúmenes de frutos y vegetales frescos destinados al procesamiento en fresco es mínimo, como consecuencia del poco interés y conocimiento por parte del productor y consumidor de alimentos (González *et al.*, 2004).

VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Por definición se trata de productos modificados físicamente para obtener alimentos listos para el consumo pero permaneciendo en su estado in natura, es decir que los tratamientos son poco intensos por lo cual no se alteran sus características intrínsecas. Entre estos productos se incluyen las frutas y hortalizas peladas, troceadas, lavadas y rebanadas mantenidas en refrigeración (Artes *et al.*, 2010).

El importante valor nutricional y económico de las frutas y de las hortalizas frescas es bien conocido. Las frutas y las hortalizas son los mejores transportadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaria, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además proveen de carbohidratos, proteínas y calorías. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de varias enfermedades. Por ello las frutas y las hortalizas son importantes para la nutrición, sugiriéndose una ingesta de cinco porciones por día (Alzamora, 2004).

El incremento en las investigaciones sobre la importancia de consumir vegetales no solo se debe a su composición nutricional, sino también por unas sustancias encargadas de realizar funciones sobre la salud humana, llamadas antioxidantes (vitaminas C, y E, carotenoides y polifenoles en especial los flavonoides y los antocianos) las cuales han tenido una especial atención, gracias a sus funciones como las de reducir el contenido de compuestos tóxicos en alimentos y la de proporcionar al cuerpo humano antioxidantes exógenos, permitiendo jugar estos un papel importante en la prevención de ciertas enfermedades tales como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, hipertensión, obesidad, etc. (Yahia, 2002; Kuskoski *et al.*, 2005; Robles *et al.*, 2007).

Dentro de los compuestos antioxidantes más importantes presentes en los vegetales se encuentra el grupo conformado por los carotenoides y los fenoles, especialmente los flavonoides y los antocianos, los cuales muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades tales como: cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas. Dentro de los radicales libres se encuentran las especies reactivas de oxígeno (ROS) que debido a su inestabilidad se comportan

como agentes oxidantes. La ingesta de alimentos ricos en sustancias antioxidantes como vitaminas C y E, carotenoides o compuestos fenólicos, previene o disminuye el desarrollo de estas enfermedades. La vitamina C ha sido reconocida como el antioxidante por excelencia y como un nutriente importante en varios productos alimentarios. La acción de la vitamina C es suministrada por el ácido L-ascórbico (AA) y su forma oxidada, el ácido deshidroascórbico (DHAA). Se cree que la dieta aumenta la defensa antioxidante del organismo evitando el daño oxidativo. Los compuestos fenólicos son sustancias orgánicas ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Se sintetizan como metabolitos secundarios con funciones de defensa, y son en gran medida responsables de las propiedades del color, la astringencia y el flavor de los vegetales. Se encuentran en las verduras y frutas. Su estructura química es propicia para secuestrar radicales libres (Lapidot *et al.*, 1999; Ishige *et al.*, 2001; Katsube *et al.*, 2003; Kuskoski *et al.*, 2005; Rojas *et al.*, 2006).

Las hortalizas son productos altamente perecederos. Comúnmente, hasta un 23% de las hortalizas más perecederas se pierden debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte, o a las inadecuadas condiciones de traslado. Estas pérdidas ascienden a más del 50% en las regiones tropicales y subtropicales. Las pérdidas también ocurren durante la vida útil y la preparación en el hogar y en los servicios de comida. Más aún, en muchos países en desarrollo la producción de productos frutihortícolas para el mercado local o la exportación es limitada debido a la falta de maquinaria y de infraestructura. La reducción de las pérdidas requiere la adopción de varias medidas durante la cosecha, el manipuleo, el almacenamiento, el envasado y el procesamiento de hortalizas frescas para obtener productos adecuados con mejores propiedades de almacenamiento (Dauthy, 1995).

FISIOLOGÍA, METABOLISMO Y BIOQUÍMICA DE LOS VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, poseen la particularidad de que su calidad sea similar a la de los productos recién cosechados. Por definición se trata de productos modificados físicamente para obtener productos listos para el consumo pero permaneciendo en su estado in natura, es decir que los tratamientos son poco intensos por lo cual no se alteran sus características intrínsecas. Entre estos productos se incluyen las frutas y hortalizas peladas, troceadas, lavadas y rebanadas mantenidas en refrigeración, que conservan su valor nutritivo y calidad sensorial. Un vegetal fresco cortado de buena calidad presenta textura aceptable, apariencia fresca, buen olor y sabor, seguridad microbiológica y vida útil suficientemente larga que permita incorporar al

producto dentro de un sistema de distribución (King y Bolin, 1989; Garrett, 1999; Oliveira *et al.*, 2005; Martín y Rojas, 2005).

La vida útil de los vegetales mínimamente procesados está limitada por su carácter perecedero. Las operaciones de pelado y troceado así como la manipulación del producto procesado previo al envasado y almacenamiento, influyen significativamente en los distintos mecanismos de alteración al provocar cambios fisiológicos, desencadenando estos en procesos físicos y bioquímicos. Los principales síntomas de deterioro incluyen cambios en la composición química, en la textura, en el color, en el sabor, olor y en un rápido desarrollo microbiano (Gorny, 2001; Martín y Rojas, 2005; Artés *et al.*, 2007).

Las frutas y hortalizas son altamente nutritivas y convenientes pero también tienen la característica de tener niveles elevados de perecibilidad, ya que aún en refrigeración, estos productos presentan un metabolismo muy activo (tejidos vivos), determinante en su pérdida de calidad. Los cambios fisiológicos van acompañados de un aumento en la velocidad de respiración y producción de etileno, una pérdida de color, sabor y vitaminas, acelerándose también los procesos de oscurecimiento y ablandamiento del tejido, con la consecuente pérdida de calidad y reducción de la vida de anaquel. El etileno producido por el tejido vegetal dañado induce la síntesis de enzimas asociadas a los procesos de maduración y senescencia del producto cortado, aunado a esto el pelado y cortado presupone una liberación de enzimas y sustratos que facilita e incrementa las reacciones enzimáticas incluyendo la respiración, siendo mucho más alta que la del producto intacto, principalmente durante la primeras horas posteriores al corte. En este sentido, los principales problemas limitantes de la vida útil de los vegetales mínimamente procesados tanto de tipo microbiológico como sensorial y nutricional están relacionados con el corte y exposición del tejido vegetal, afectando distintos atributos del producto (Brecht, 1995; Gorny, 2001; García y Barrett, 2005; Mercado y Aquino, 2005; Artés *et al.*, 2007).

El deterioro de las frutas y hortalizas y en general el de los alimentos, se involucran en particular cambios en la composición química, físicos, sensoriales y microbiológicos.

Entre los principales cambios en la composición química y físicos que sufren los productos en fresco desde el momento que son procesados hasta el momento de ser almacenados se incluyen a: la pérdida de sólidos totales, carbohidratos, ácidos, proteínas, aminoácidos, vitaminas, deterioro de la textura, deshidratación y oscurecimiento enzimático. Muchos de estos cambios se inician como consecuencia de la pérdida de turgencia de los tejidos que lleva a una creciente deshidratación y por último a la muerte celular. Azúcares, ácidos orgánicos, lípidos y otros sustratos son utilizados por los tejidos como fuente primaria de energía química. Se ha observado que el nivel de azúcares cae y el nitrógeno soluble se incrementa, asociado a una mayor síntesis de enzimas relacionadas con la degradación. En cuanto al contenido de ácidos orgánicos generalmente son mínimos. Mientras que en las vitaminas C y A, así como

riboflavina y tiamina se ha observado una disminución en su contenido durante su vida en estante, atribuyéndose este fenómeno a la temperatura de almacenamiento (Artés *et al.*, 2007).

Por otra parte el oscurecimiento en las frutas y hortalizas se debe principalmente a la acción de la enzima polifenoloxidasa (PPO), lo mismo ocurre en los vegetales cortados tal y como lo confirman estudios de Rocha y Morais (2003). La pérdida de agua por transpiración es un factor que incide negativamente sobre la calidad. Consiste en la transferencia de vapor de agua desde los tejidos al medio circundante. Las células vegetales se hallan en equilibrio con la atmósfera cuando están a la misma temperatura y una alta humedad relativa. Cualquier disminución de la presión de vapor por debajo de estos niveles determina la pérdida de agua, la cual se manifiesta mediante marchitamiento, afectando el peso, la apariencia y la textura, sumado esto a la actividad de distintas enzimas que inducen cambios en los componentes de la pared celular, provocando de esta forma menor succulencia y firmeza del tejido vegetal (Varoquaux y Wiley, 1994; Mercado y Aquino, 2005; Artés *et al.*, 2007).

En cuanto a la información sobre los mecanismos de degradación de los componentes bioactivos en vegetales cortados es escasa, así como del efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la pérdida del valor nutricional de estos productos (Cano *et al.*, 2005).

Las características sensoriales determinan la decisión de compra de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas por parte del consumidor. Los cambios sensoriales son de importancia en los vegetales debido a que la aceptación está dada por las características propias del producto, a diferencia de las hortalizas que se elaboran en mezclas de productos que mejoran las características sensoriales. Los atributos sensoriales están dados por la apariencia, crujencia, aroma, sabor, color y textura. Por lo que éstos, deben examinarse cuidadosamente cuando se determina la vida útil de los vegetales mínimamente procesados. El color y su uniformidad son dos de las principales características que determinan la calidad de un fruto u hortaliza y se utiliza frecuentemente como un índice de frescura, palatabilidad y valor nutricional del producto ya que se relaciona con la intensidad del sabor y la dulzura, siendo el más importante en la aceptabilidad del producto. Gorny (1998), señaló que la determinación de los atributos sensoriales individuales de un producto son fundamentales, dado que la combinación de éstos determina su calidad sensorial general. Mercado y Aquino (2005) mencionaron que los cambios en el sabor y aroma de frutas y hortalizas constituyen el tercer motivo en importancia en la aceptación por parte del consumidor luego del color y la textura. No obstante, pocos estudios se han llevado a cabo en cuanto a la calidad sensorial que en general presentan las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, así como de los cambios específicos en los atributos de mayor importancia que pueden limitaren un momento dado la aceptación del producto (Gorny, 1998; Beaulieu y Baldwin, 2001; Mercado y Aquino, 2005).

La calidad microbiológica en los vegetales mínimamente procesados es un aspecto particularmente crítico debido a que la exposición de la superficie de corte, favorece la contaminación con bacterias, hongos y levaduras. El daño en los tejidos, con la consecuente disponibilidad de nutrientes, provee condiciones favorables para el desarrollo de patógenos. Los géneros y especies, así como la cantidad de microorganismo presentes en los productos mínimamente procesados, varía con la fruta u hortaliza de que se trate, las prácticas de cultivo y la higiene durante la manipulación y procesado (Brackett, 1994; Artés *et al.*, 2007)

Los microorganismos predominantes en frutas y hortalizas mínimamente procesadas difieren de acuerdo con el tipo de producto, de esta manera, para asegurar su calidad y seguridad microbiológica, es necesario llevar a cabo estudios sistemáticos de los cambios microbiológicos durante el almacenamiento. La población microbiana que generalmente coloniza los vegetales listos para consumir está constituida generalmente por *Pseudomonas spp*, *Xanthomonas spp*, *Enterobacter spp*, *Janthinobacterium spp*, levaduras, mohos, bacterias ácido lácticas, y con menor frecuencia *Aeromonas hidrófilas* y *Listeria monocitógenes*. Respecto a los estudios sistemáticos Merchetti *et al.*, (1992) propusieron que es necesario un monitoreo específico de los cambios para asegurar la calidad microbiológica e inocuidad de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas ya que no existen evidencias suficientes de correlación entre los síntomas de pudrición y los parámetros de ácido láctico, ácido acético, pH, niveles de CO₂, calidad sensorial y carga microbiana total. De igual forma, es necesario determinar la influencia que diferentes factores pueden presentar sobre el desarrollo de microorganismos en este tipo de productos. En este sentido, se requiere contar con estudios tanto de cinética de crecimiento y muerte microbiana, como del efecto que diversos factores (temperatura, pH y actividad de agua) tienen sobre el desarrollo microbiano en los diferentes productos de interés (Merchetti *et al.*, 1992).

CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN VEGETALES MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son alimentos listos para el consumo que debido a las condiciones en las que se cultivan, distribuyen y procesan, no se logra evitar su contaminación por microorganismos patógenos a través del aire, tierra, agua, insectos, animales y de la actividad humana. Aunque el lavado en la industria alimentaria es una de las pocas etapas en las que se reduce la carga de microorganismos alterantes y patógenos, no puede ser considerado como un tratamiento letal que elimine completamente los microorganismos, un claro ejemplo de esta cualidad de supervivencia lo representa la *Listeria monocitógenes*, la cual ha demostrado mediante estudios que

puede persistir después de los procesos de lavado a nivel industrial (Nguyen y Carlin, 1994; Szabo *et al.*, 2000). Por tanto, la presencia potencial de *L. monocytogenes* en vegetales mínimamente procesados, unido al pH neutro del producto, su composición (agua, almidón, vitaminas, minerales y algunos lípidos), el uso de atmósferas bajas en oxígeno, y la naturaleza psicótropa de *L. monocytogenes*, puede favorecer la supervivencia y crecimiento del patógeno en las hortalizas mínimamente procesadas durante su almacenamiento (Carrasco, 2007).

La manipulación inadecuada de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas puede conllevar a graves riesgos microbiológicos. La implantación del sistema de análisis de puntos de control crítico (APPCC) es obligatoria según el reglamento establecido por la comunidad Económica Europea (CE) núm. 852/2004 con el fin de garantizar la seguridad microbiológica de los alimentos y está enfocado al control no sólo del producto final sino de todo el proceso de elaboración. La Comisión del Codex Alimentarius desarrolló un documento titulado “Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas” (FAO, 2003a) con un anexo sobre frutas y hortalizas frescas precortadas con el propósito de orientar en la implantación de buenas prácticas de fabricación para ayudar al control de riesgos microbiológicos, físicos, y químicos asociados al procesado de frutas y hortalizas frescas cortadas. El anexo se centra específicamente en los principios generales de higiene de alimentos (FAO, 2003b) pero con especial énfasis en algunos aspectos de control referentes a las instalaciones, programas de capacitación de personal así como el mantenimiento de documentación y registros adecuados durante el periodo de fabricación y almacenamiento del producto. La U.S. Food and Drug Administration ha desarrollado un documento similar, “Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-cut Produce”, en el que se establecen los riesgos potenciales y se proponen métodos de intervención para reducir los riesgos microbiológicos en productos frescos cortados (FDA, 2001). Una nueva regulación de la Unión Europea en materia alimentaria (Reglamento núm 2072/2005) establece un límite de 1×10^2 ufc/g para *E.coli* como indicativo de la aceptabilidad del proceso de elaboración. Este criterio se aplica independientemente a otras normativas específicas referentes a microorganismos, y sirve a los fabricantes como herramienta para decidir si un producto está listo para ser comercializado.

En la actualidad otras entidades como la PMA (Produce Marketing Association), la IFPA (International Fresh-cut Produce Association), la UFFVA (United Fresh Fruit and Vegetable Association) y la WGA (Western Growers Association) han publicado guías para minimizar los peligros microbiológicos asociados a los vegetales mínimamente procesados. Estas guías intentan suplementar, no reemplazar, componentes de programas de seguridad alimentaria ya establecidos, como son las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas prácticas de fabricación (BPF), APPCC, etc. En los 10 últimos años, la seguridad alimentaria se ha centrado en la huerta/campo de cultivo y en las operaciones industriales, elaborando sofisticados programas de BPF y APPCC; a medida

que se comprenden mejor todos los aspectos relacionados con la seguridad alimentaria de frutas y verduras, se va haciendo necesaria una nueva generación de guías que abarque la cadena completa “de la huerta a la mesa”. De igual forma se ha incrementado el interés y la necesidad por establecer empresas especializadas, que reúnan las condiciones técnicas e higiénico-sanitarias exigibles para la elaboración de vegetales mínimamente procesados y que de igual forma garanticen la seguridad alimentaria, mediante la elaboración de diseños higiénicos de equipos e instalaciones que permitan minimizar la contaminación microbiana, cumpliendo en todo momento con los límites establecidos por la legislación respectiva de cada país sobre comidas preparadas con vegetales crudos y otros aspectos del Código Alimentario aplicables a estos productos (Artés y Artés-Hernández, 2003; Carrasco, 2007).

La adopción de altos estándares en el control de calidad, buenas prácticas de fabricación y el sistema APPCC son esenciales para asegurar la calidad microbiológica del producto. Más aún, debido a los reducidos márgenes de seguridad, los distintos organismos de contralor internacionales han recomendado el uso de “obstáculos” adicionales en el diseño de los sistemas de preservación tal que procesos, distribución y almacenamiento no adecuados puedan todavía garantizar productos microbiológicamente seguros. Así, el uso de factores combinados juega un importante rol en la seguridad microbiológica de aquellos productos donde los puntos críticos de control sean imposibles o difíciles de controlar (Schenk, 2010).

TECNOLOGÍA DE BARRERAS

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Este deterioro puede ser causado por microorganismos y/o por una variedad de reacciones físico-químicas que ocurren después de la cosecha. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos. Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos consiste en exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo a uno o más factores adversos) para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar su muerte. Ejemplos de tales factores son la acidez (por ejemplo bajo pH), la limitación del agua disponible para el crecimiento (por ejemplo reducción de la actividad de agua), la presencia de conservadores, las temperaturas altas o bajas, la limitación de nutrientes, los recubrimientos comestibles, la utilización de desinfectantes, el envasado en atmósferas modificadas y controladas, las altas presiones hidrostáticas, el ultrasonido, la radiación ultravioleta, la irradiación, la Impregnación a vacío y el uso de microorganismos competitivos (BAL). Desafortunadamente, los microorganismos han desarrollado distintos

mecanismos para resistir los efectos de estos factores ambientales de estrés. Estos mecanismos, denominados mecanismos homeostáticos, actúan para mantener relativamente sin cambio los parámetros y las actividades fisiológicas claves de los microorganismos, aun cuando el medio que rodea a la célula se haya modificado y sea diferente. Para ser efectivos, los factores de conservación deben superar la resistencia microbiana homeostática (Leistner y Gould, 2002).

La estabilidad u homeostasis del medio interno (composición y volumen de los fluidos) es vital para la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos. En los alimentos preservados por factores combinados, la homeostasis activa de los microorganismos vegetativos y la homeostasis refractaria pasiva de las esporas se interfieren en “un número de sitios” o de “manera cooperativa”, utilizando una combinación de factores de conservación. Por ejemplo, en el caso de células vegetativas, se reduce la disponibilidad de energía (removiendo O₂, limitando nutrientes, reduciendo la temperatura) y/o se incrementa la demanda de energía (reduciendo aw y pH, añadiendo compuestos activos a nivel de membrana). Para esporas, se trata de dañar estructuras claves ya sea por ataque químico, enzimático o físico sobre el córtex o provocar la germinación de las mismas (con “falsos disparadores”, por aplicación de altas presiones, etc.) (Gould, 1995).

La tecnología de barreras no sólo se aplica a la estabilidad microbiológica, sino que se hace extensivo a la calidad total. También desde el punto de vista microbiológico, el concepto se ha tornado más amplio y se refiere no sólo a la interferencia de la homeostasis por barreras sinérgicas o aditivas sobre un mismo microorganismo, sino a la aplicación selectiva de factores de conservación que puedan ser efectivos contra un organismo específico o un grupo de microorganismos solamente. Es así, que en los últimos años, un gran número de publicaciones en la literatura internacional se refiere a la utilización de este concepto con distintas finalidades: optimizar tecnologías tradicionales; desarrollar nuevos productos y como medida de seguridad o “back-up” para asegurar la calidad microbiológica de alimentos mínimamente procesados (Alzamora, 1997).

Los factores más importantes que controlan la velocidad de los cambios deteriorativos y la proliferación de los microorganismos en los alimentos son la disponibilidad de agua, el pH y la temperatura (Alzamora, 2004). Cuando estos factores son aplicados en conjunto a un alimento, se obtiene un efecto sinérgico, permitiendo que cada uno sea utilizado en una menor intensidad que cuando es empleado de forma independiente, esto da como resultado un alimento en el cual no se presentan cambios drásticos en su composición nutricional y en su calidad sensorial, conservando características muy similares a las del alimento fresco y con una vida útil más prolongada. Para que el concepto de barrera sea aplicado exitosamente, es necesario cuantificar la influencia de los distintos factores sobre el crecimiento microbiano. Dentro de los criterios para seleccionar los factores de conservación a combinar que aseguren la estabilidad de las hortalizas, cabe destacar: los

tipos de microorganismos que pueden estar presentes y pueden crecer, las reacciones bioquímicas y fisicoquímicas que pueden deteriorar la calidad del producto, la infraestructura disponible para la elaboración y el almacenamiento, las propiedades sensoriales, la vida útil y el tipo de envasado deseado (Alzamora, 2004).

La aplicación de la tecnología de barreras ha sido muy exitosa en los últimos años, dentro del conjunto de tecnologías de preservación de mínimo procesamiento, y ello ha sido posible debido a los grandes avances ocurridos en el conocimiento del modo de acción de los distintos factores de preservación y de su interacción en los microorganismos (Sajur, 1985; Alzamora *et al.*, 1989; Guerrero *et al.*, 1994; Rojas y *et al.*, 1994).

En la tabla 1 se pueden apreciar algunas de las aplicaciones de la tecnología de barreras utilizadas en los últimos años para la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.

Tabla 1. Tecnología de barreras utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas.

Matriz Vegetal	Tecnología de barrera	Resultados relevantes	Referencia
Cebolla de rama	Desinfección (Cloruro de sodio 50 ppm, pH 7.0) + atmósferas controladas (0.1–0.2% O ₂ o 0.1–0.2% O ₂ 7.5–9% CO ₂ , balance N ₂) + refrigeración (5°C)	La combinación de los tratamientos permitió conservar la calidad visual de la cebolla mínimamente procesada, otorgándole una vida útil de 2 semanas, además de no reducir la concentración de tiosulfato	Hong <i>et al.</i> (2000)
Pera	Desinfección (Hipoclorito de sodio 2.7 mM /5 minutos) + inmersión en solución química (lactato de calcio (1%) + ácido ascórbico (2%) + cisteína (0,5%)/5 minutos) + refrigeración (0 °C)	Inhibición de la pérdida de firmeza y reducción del pardeamiento enzimático	Gorny <i>et al.</i> (2001)
Apio	Desinfección (Hipoclorito de sodio 5.25%/30 segundos) + tratamiento térmico (70 °C/60 segundos) + refrigeración (10 °C)	Reducción del pardeamiento enzimático	Loaiza <i>et al.</i> (2002)
Zanahoria	Desinfección (Hipoclorito de sodio (10 ppm/30 minutos) + atmósfera modificada (5% O ₂ , 10% CO ₂ , balance N ₂) + irradiación (0,75 KGy) + refrigeración (5°C)	Reducción de 3 a 4 ciclos logarítmicos en el recuento de mesófilos. Vida útil de 24 días	Cople <i>et al.</i> (2002)
Zanahoria	Irradiación (0.6 KGy) + atmósfera modificada (60% O ₂ , 30% CO ₂ , balance N ₂) + refrigeración (4 °C)	Reducción significativa de la población de <i>E. coli</i> (inoculada)	Lacroix y Lafortune (2004)
Cilantro	Agua ácida electrolítica (pH 2.45, ORP 1130 mV, y cloro disponible 16.8 mg/L/5 minutos) + agua ozonizada (5 minutos) + refrigeración (0 °C)	Reducción de la carga inicial de aerobios y de los demás microorganismos. Conservación del aroma típico del cilantro	Wan <i>et al.</i> (2004)

Matriz vegetal	Tecnología de barrera	Resultados relevantes	Referencia
Zanahoria	Lactato de calcio (15 g/L) + tratamiento térmico (50 °C) + refrigeración (4 °C)	Mantenimiento de las propiedades sensoriales de textura durante el periodo de almacenamiento, gracias a la activación de la enzima relacionada con la textura (PME)	Diana <i>et al.</i> (2005)
Apio	Agua ozonizada (0.18 ppm/5 minutos) + refrigeración (4 °C)	Reducción de la carga microbiana. El tratamiento también logro retardar el metabolismo fisiológico	Zhang <i>et al.</i> (2005)
Lechuga	Lactato de calcio (15 g/L) + tratamiento térmico (50 °C) + refrigeración (4 °C)	Mantenimiento de las propiedades sensoriales de textura durante el periodo de almacenamiento, gracias a la activación de la enzima relacionada con la textura (PME)	Diana <i>et al.</i> (2006)
Kiwi	Tratamiento térmico (45°C/25 minutos) + refrigeración (4°C)	Preservación de la firmeza de los tejidos e incremento del contenido total de sólidos solubles. Vida útil por un periodo de 10 días	Beirão <i>et al.</i> (2006)
Manzana, fresa, melocotón, sandía	Impregnación a vacío (Solución isotónica de glucosa + pulso de vacío de 10 minutos, con una presión de 50 mbar) + refrigeración (5 °C)	Disminución del metabolismo respiratorio	Giraldo (2006)
Mango	Desinfección (Agua clorada 100 ppm/10 minutos) + tratamiento térmico (50°C/30 minutos) + refrigeración (6 °C)	Mantenimiento de la apariencia, color, firmeza, vitamina C, incremento en el contenido de carotenoides y reducción de la tasa de respiración	Djioua <i>et al.</i> (2008)

Matriz vegetal	Tecnología de barrera	Resultados relevantes	Referencia
Banano	Desinfección (Agua clorada 7500 ppm/5 minutos) + inmersión en solución química (Ácido ascórbico (0.5%) cloruro de calcio (2%), cisteína (0.75%)) + recubrimiento comestible (Carragenina) + atmósfera controlada (3% O ₂ , 10% CO ₂ , balance N ₂) + refrigeración (5 °C)	Reducción del pardeamiento enzimático y mantenimiento de la firmeza. Vida útil de 5 días	Bico <i>et al.</i> (2008)
Manzana	Inmersión en solución química (cloruro de calcio (0,25%) + ácido cítrico (0,5%) + ácido ascórbico (1%) + cloruro de sodio (0,7%)/2 minutos) + recubrimientos comestibles (dextrina de almidón de yuca y almidón de yuca) + refrigeración (2 °C)	Reducción de la tasa de respiración y producción de etileno, mantenimiento del color y de la firmeza durante los días de evaluación	Fontes <i>et al.</i> (2008)
Ensalada a (lechuga americana, escarola y radicchio), Ensalada b (lechuga americana, radicchio y zanahoria)	Desinfección (Hipoclorito de sodio (0,5%) + solución de jabón cuaternario (1%)/7 minutos) + inmersión en solución química (Cloruro de calcio (1%) + óxido de magnesio (0,5%) + ácido cítrico (0,1%)) + refrigeración (5 °C)	Mantenimiento de la calidad textural y de las características sensoriales. Vida útil de 16 días para las dos ensaladas	García-Méndez (2008a)
Melón, piña	Inmersión en solución química (cloruro de calcio (6%) y ácido láctico (1%)) + refrigeración (5 °C)	Reducción de la tasa de senescencia, mantenimiento de la firmeza y de la apariencia. Vida útil de 8 días para ambos vegetales	García-Méndez (2008b)
Melón	Desinfección (Hipoclorito de sodio 200 ppm/2 minutos) + recubrimiento comestible (Alginato de sodio, pectina de bajo metoxilo, goma gellan) + refrigeración (4 °C)	Incremento de la resistencia al vapor de agua, mantenimiento de la firmeza. Goma gellan redujo la pérdida de la vitamina C	Oms <i>et al.</i> (2008a)

Matriz vegetal	Tecnología de barrera	Resultados relevantes	Referencia
Pera	Desinfección (Hipoclorito de sodio 200 $\mu\text{L}^{-1}/2$ minutos) + recubrimiento comestible (Alginato de sodio, pectina de bajo metoxilo, goma gellan) + refrigeración (4 °C)	Incremento de la resistencia al vapor de agua, reducción del pardeamiento enzimático y del deterioro microbiológico. Vida útil de 14 días	Oms <i>et al.</i> (2008b)
Fresa	Agua caliente (45 °C/15minutos) + cloruro de calcio (1%) + ácido salicílico (2 mM) + refrigeración (2 °C)	Mantenimiento de las características de firmeza y apariencia, reducción de la pérdida de peso y vitamina C del fruto	Shafiee <i>et al.</i> (2009)
Zanahoria	Desinfección (Hipoclorito de sodio 80 $\text{mgL}^{-1}/1$ minuto) + recubrimiento comestible (Quitano) + atmósfera modificada (10% O_2 , 10% CO_2 , balance N_2) refrigeración (4 °C)	Prevención del blanqueamiento en la superficie de la zanahoria, mantenimiento de la apariencia, acumulación de compuestos fenólicos	Simões <i>et al.</i> (2009)
Brócoli	Desinfección (Agua clorada 100 $\mu\text{L}^{-1}/3$ minutos) + recubrimiento comestible (Quitano) + tratamiento térmico (50 °C/1.5 minutos) + refrigeración (5 °C)	Reducción de la carga microbiana mesófila, extensión de la vida útil en 11 días	Ansorena <i>et al.</i> (2010)
Lechuga	Recubrimiento comestible (Pectina + gelatina + aceite de orégano) + refrigeración (5 °C)	Disminución de la pérdida de peso y de la tasa de respiración. Reducción del pardeamiento	Patiño <i>et al.</i> (2010)
Melón Galia	Ascorbato de calcio, cloruro de calcio, lactato de calcio (0.15 g Ca g^{-1}) + tratamiento térmico (60°C/1min) + peróxido de hidrogeno (50 mgL^{-1}) + atmósfera modificada (4.5% O_2 , 14.7% CO_2 , balance N_2) + refrigeración (5 °C)	Reducción de tasa de respiración y aumento del contenido de calcio en los tejidos, manteniendo una firmeza mucho mejor con respecto del tratamiento control. Las tres sales de calcio potencializaron el efecto del peróxido manteniendo la calidad del melón durante el tiempo de almacenamiento. Aumento de la actividad de las enzimas (PG y PME)	Silveira <i>et al.</i> (2011)

Matriz vegetal	Tecnología de barrera	Resultados relevantes	Referencia
Brócoli	Desinfección (Agua clorada 100 µL/L/3 minutos) + recubrimiento comestible (Quitosano) + refrigeración (5 °C)	Inhibición del crecimiento de coliformes totales, aerobios mesófilos y de microorganismos psicrótrofos. Efecto bactericida contra <i>E. coli</i>	Moreira <i>et al.</i> (2011)
Zanahoria	Desinfección (Agua clorada 200 mg/L /1 min) + tratamiento térmico (100 °C/45 segundos) + refrigeración (0°C), agua clorada (200 mg/L /1 min) + radiación UV-C (λ 254 nm, Tiempo de exposición 2 minutos, dosis 0.78 ± 0.36 kJ/m ²) + refrigeración (0°C)	Aumento en el contenido de fenoles y carotenoides, reducción de la actividad de la enzima polifenol-oxidasa, control microbiológico y reducción de la actividad metabólica	Alegria <i>et al.</i> (2012)
Frijoles	Ácido cítrico + irradiación + refrigeración	Reducción de la carga microbiana, mantenimiento de la firmeza	Gupta <i>et al.</i> (2012)
Durazno	Desinfección (Ácido hipocloroso 200 ppm/2 minutos) + inmersión en solución química (Ácido ascórbico (1%) + ácido cítrico (1%) + alta presión hidrostática (500 Mpa/5 minutos) + refrigeración (10 °C)	Reduciendo del pardeamiento enzimático y de los procesos que conducen al ablandamiento	Denoya <i>et al.</i> (2012)
Papaya	Desinfección (Hipoclorito de sodio 150 ppm/1 minuto) + recubrimiento comestible (Aplicación capa por capa quitosano (antimicrobiano) + pectina + cloruro de calcio) + refrigeración (4 °C)	Inhibición de microorganismos aerobios, psicrótrofos, hongos y levaduras. Mantenimiento de la calidad fisicoquímica. Vida útil de 15 días	Brasil <i>et al.</i> (2012)
Brócoli	Agua acida electrolítica (100 mgL ⁻¹ cloro libre; 5 °C pH 7 ± 0.1 ; potencial oxido-reducción = 900 mV) + luz ultravioleta (6.0 kJ UV-C cm ⁻²) + oxígeno Superatmosférico (90-Kpa O ₂) + refrigeración (5°C)	Reducción de la carga microbiana. Vida útil de 19 días	Martínez <i>et al.</i> (2013)

Matriz vegetal	Tecnología de barrera	Resultados relevantes	Referencia
Col china, lechuga, perilla y espinaca	Agua acida electrolítica (22 mg/l de cloro libre; pH 5.2-5.5; potencial oxido-reducción = 500 - 600 mV) + ultrasonido (Frecuencia fija de 40 kHz y densidad de energía acústica (AED) de 400 W/l a temperatura ambiente)	Reducción significativa de la carga microbiana	Forghani y Oh (2013)

DESINFECCIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS

La contaminación superficial de frutas y hortalizas varía en número y tipo, dependiendo del producto y del manejo, previo y posterior a la cosecha, que dicho producto haya recibido. Una gran parte de esta contaminación se encuentra asociada a partículas de tierra u otro tipo de suciedad adherida al material vegetal, siendo la remoción del material relativamente sencilla. Sin embargo existe flora asociada cuya remoción es difícil ya que se encuentran formando biopelículas superficiales ocupando lugares poco accesibles como aberturas naturales o heridas (Garmendia y Vero, 2006).

Para asegurar la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas es necesario minimizar la contaminación de los productos con microorganismos alterantes y patógenos que puedan afectar la salud del consumidor y la calidad del vegetal durante su almacenamiento postcosecha (Garmendia y Vero, 2006).

Existen varios métodos de desinfección para reducir la flora superficial de los vegetales. En general los métodos utilizados se basan en procesos físicos y químicos. Entre los métodos físicos se encuentra: la remoción mecánica, los tratamientos térmicos, y la irradiación. Los métodos químicos involucran el uso de agentes químicos como desinfectantes superficiales. En general estos desinfectantes químicos se utilizan en soluciones acuosas, sin embargo existen algunos casos de desinfectantes gaseosos como por ejemplo el ozono (Garmendia y vero, 2006).

Los tratamientos con agentes desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance del tratamiento depende del compuesto desinfectante y de los microorganismos que se quiera eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica. Dentro de los agentes desinfectantes utilizados para

tratar frutas y hortalizas se encuentran: compuestos halogenados, ácidos, amonio cuaternarios y compuestos de oxígeno activo (Garmendia y vero, 2006).

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria. Debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para desinfección de superficies en contacto con alimentos y también para reducir la carga microbiana del agua utilizada en diferentes operaciones. En general se utilizan soluciones acuosas de hipocloritos o de cloro gaseoso. Cuando el cloro se disuelve en agua se forma ácido hipocloroso y ácido clorhídrico estableciéndose un equilibrio entre las distintas sustancias (Garmendia y vero, 2006).

El modo de acción del ácido hipocloroso se basa en su capacidad oxidante. Es altamente reactivo en presencia de materia orgánica, reaccionando con muchos grupos funcionales oxidándolos. Su capacidad de destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir el ácido hipocloroso restante después de reaccionar con la materia orgánica presente en el agua. Como resultado de la reacción con la materia orgánica, el ácido hipocloroso forma cloro gas pero también trihalometanos como el cloroformo (Garmendia y vero, 2006).

RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Según la Food and Drug Administration (FDA) de EEUU (FDA, 2006), los recubrimientos comestibles son aquellos formados a partir de formulaciones que contengan aditivos permitidos para su uso alimentario. Entre esos aditivos alimentarios, la Directiva 95/2/CE (1995) incluye los siguientes: goma arábica, goma xantana, glicerina, pectinas, celulosa y sus derivados (metilcelulosa, hidroxipropil celulosa, hidroxipropil metilcelulosa, etc.). En 1998, esta directiva fue modificada por la Directiva 98/72/CE (1998) introduciendo nuevos aditivos tales como la lecitina, polisorbatos, ácidos grasos y sales de ácidos grasos. Técnicamente, se habla de recubrimiento cuando una solución aplicada sobre un producto forma una película superficial al secarse (Guilbert, 1986). En la práctica, se habla indistintamente de film o recubrimiento, haciendo referencia a una delgada capa de material que cubre la superficie del alimento, aplicada mediante inmersión, aspersión o con la ayuda de un equipo que contenga cerdas (brocha), o bien como una envoltura continua que separa distintos componentes alimenticios, que puede ser consumida como parte del producto (Guilbert, 1986; Gennadios y Weller, 1990).

En la actualidad existe un gran interés en el desarrollo de recubrimientos comestibles de alto desempeño que permitan una protección efectiva de la calidad de los bienes de consumo y ofrezcan además, seguridad en el plano alimentario para el consumidor. Por

ello el enfoque en la ciencia de las películas comestibles de matriz hidrocoloidal (Alvarez, 2012).

Los recubrimientos comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir. Algunos de estos requerimientos, dependientes de la naturaleza del producto alimenticio al cual se aplica y de su principal mecanismo de deterioro. Los principales requerimientos funcionales que deben cumplir los recubrimientos comestibles son: ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento, no ser detectados durante su consumo, presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua y solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, estar libres de tóxicos y ser seguros para la salud, requerir una tecnología simple para su elaboración, además las materias primas y el costo de producción del recubrimiento debe ser de bajo costo (Kester y Fennema, 1986).

Para la formación de un recubrimiento comestible se necesita en primer lugar de una solución que pueda constituir una matriz estructural con suficiente cohesión. Cuando se combinan lípidos, proteínas y polisacáridos que pueden interactuar física y/o químicamente, se pueden obtener recubrimientos con mejores propiedades. Sin embargo, la compatibilidad de los componentes es un punto importante a considerar cuando se trata de una mezcla de biopolímeros, ya que se puede alterar drásticamente el funcionamiento de los compuestos del recubrimiento (Debeaufort *et al.*, 1998).

Además del componente de naturaleza polimérica y de alto peso molecular (matriz), otro componente importante de los recubrimientos comestibles son los plastificantes. Estos son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador del recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos. Dentro de los agentes plastificantes utilizados más frecuentemente se encuentran: glicerol, polietilenglicol, sorbitol, aceites, ácidos grasos, ceras, etc., siendo el glicerol el más utilizado (McHugh y Krochta, 1994; Sothornvit y Krochta, 2000).

Otros compuestos de importancia en la elaboración de recubrimientos comestibles son los agentes surfactantes y emulsificantes que se encargan de reducir la actividad de agua superficial y la velocidad de pérdida de humedad de los alimentos recubiertos. Además de estos compuestos también se emplea la adición de antioxidantes, antimicrobianos y reafirmantes de la textura con el fin de mejorar las propiedades de las coberturas. Se ha demostrado que la adición de estos aditivos actúa más efectivamente en los alimentos cuando son aplicados formando parte del recubrimiento que cuando con aplicados en soluciones acuosas mediante dispersión o inmersión, ya que las coberturas pueden mantener los aditivos en la superficie del alimento durante un tiempo más prolongado (Baldwin *et al.*, 1996).

De acuerdo a su composición los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías dependiendo del tipo de compuesto que incluyan en su formulación, estas tres categorías están conformadas por los hidrocoloides, los lípidos y las formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos.

Los hidrocoloides son polímeros hidrofílicos, de origen vegetal, animal, microbiano o sintético, que generalmente contienen muchos grupos hidroxilo y puede ser polielectrolitos (por ejemplo; alginato, carragenina, carboximetilcelulosa, goma arábica, pectina, goma xantana, proteína de soja, proteína de suero lácteo, caseína, colágeno y gelatina). Los materiales hidrocoloidales, es decir, proteínas y polisacáridos, se utilizan ampliamente para la formación de películas y recubrimientos comestibles gracias a que forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas, además son una buena barrera para los gases (oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂)). La principal desventaja que presentan se debe a que no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua (Drake *et al.*, 1988; Eric, 2009).

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Los polisacáridos más utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: Las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, y las goma arábica, guar y xantan (Kester y Fennema, 1986; Krochta y De Mulder, 1997).

Los lípidos son compuestos hidrofóbicos y no poliméricos con buenas propiedades de barrera al vapor de agua y a los gases, pero con poca capacidad para formar recubrimientos (Shellhammer y Krochta, 1997). Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo (Nispero *et al.*, 1992). Sin embargo, los recubrimientos basados en lípidos presentan una superficie grasienta y propiedades organolépticas no deseadas como un sabor a cera y cierta rancidez. Los lípidos se utilizan en la formulación de recubrimientos con el objetivo de mejorar la propiedad barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comestibles que pueden ser incorporados en la formulación de recubrimientos comestibles se encuentran las ceras (cera de abeja, cera candelilla y cera carnauba), la goma laca, la goma xantana y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros (Guilbert, 1986).

Las formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos denominadas también formulaciones compuestas tienen la cualidad de aprovechar las ventajas de cada grupo que la conforma disminuyendo sus inconvenientes con respecto a su funcionalidad (Greener y Fennema,

1994). En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides, permeabilidad selectiva al O_2 y CO_2 , durabilidad, buena cohesión estructural o integridad. Las formulaciones compuestas pueden ser de capas separadas, llamados multilaminados o bicapas, o formados por una única capa.

La efectividad de los recubrimientos compuestos de hidrocoloides y lípidos depende, entre otros factores, de la concentración relativa de ambos, del estado físico del lípido, de la longitud, grado de insaturación y ramificación de la cadena hidrocarbonada, así como de la distribución que alcancen los componentes lipídicos en la estructura final: tamaño de los glóbulos grasos y nivel de agregación. Además, la forma de preparación y la composición de la emulsión de partida influye en gran medida en el tamaño y distribución de tamaños de gotas y por tanto, también en las propiedades finales de la película (Martínet *et al.*, 1992; Baldwin *et al.*, 1997; Morillon *et al.*, 2002).

ATMÓSFERAS MODIFICADAS

La técnica de conservación basada en la modificación de la atmósfera que rodea el producto es efectiva como alternativa, complementada con la refrigeración. Este método consiste en confinar el alimento en una atmósfera compuesta por una mezcla de gases en proporciones definidas, diferente de la atmósfera normal. Las técnicas más empleadas son el almacenamiento bajo atmósferas controladas (AC) y el empaque bajo atmósferas modificadas (AM), ambas requieren que la composición gaseosa de la atmósfera que rodea a un vegetal sea rica en CO_2 y pobre en O_2 , ya que en buena parte los alimentos se deterioran por reacciones oxidativas, que pueden ser propias del metabolismo celular del producto, del desarrollo de microorganismos (patógenos o deteriorativos) o insectos aeróbicos; o como resultado de la actividad enzimática que tenga como sustrato el oxígeno (Del Valle y Palma, 2002).

El principio del empaque bajo atmósferas modificadas consiste en crear un ambiente con baja concentración de O_2 y alta de CO_2 dentro del empaque. El uso de películas de empaque hace posible la modificación de la composición de O_2 y CO_2 de la atmósfera que rodea los productos frescos de manera individual, sin tener que controlar todo un lote. La atmósfera modificada puede obtenerse por modificación activa o pasiva, en la activa, la atmósfera se modifica durante el empaque generalmente por inyección de una mezcla de gases de una composición dada y en la pasiva la permeabilidad a los gases (O_2 , CO_2 , etileno y vapor de agua) de las películas y la respiración del producto permitirá la creación de una atmósfera de equilibrio (Church, 1994). Inmediatamente después de empaquetar un vegetal, la concentración interior de O_2 comienza a disminuir y la concentración de CO_2 , agua y etileno (para frutos climatéricos) se incrementa como consecuencia de la respiración. Si la película es poco permeable se puede llegar a condiciones de anaerobiosis con la formación de etanol, acetaldehído u otros

compuestos orgánicos asociados a olores y calidad indeseable. La mayor parte de frutas y hortalizas frescas son sensibles a condiciones de anaerobiosis por lo que deben almacenarse con al menos 5% de O₂ (Del Valle y Palma, 2002).

En una atmósfera modificada bajo condiciones de equilibrio, las velocidades de producción de CO₂ y de consumo de O₂ son iguales a las velocidades de permeación de los gases que pasan a través de la película, además un sistema de AM deberá tener un balance óptimo de niveles de CO₂ y O₂ durante el almacenamiento, transporte, manipulación y distribución del producto empacado. En la atmósfera modificada se requiere del uso de películas con permeabilidad específica y las permeabilidades al O₂ y CO₂ deberán definirse en función de la intensidad respiratoria (IR) del vegetal, la temperatura y la atmósfera deseada alrededor del producto (Davies, 1995).

Los gases de mayor importancia en AM para frutas y vegetales frescos son O₂, N₂, y CO₂ (Phillips, 1996). El O₂ es necesario tanto por los microorganismos aerobios como por los tejidos del vegetal almacenado, participando en algunas reacciones enzimáticas. En AM se busca la reducción hasta los niveles más bajos posibles de O₂ pero a niveles a los cuales aún se cubran los requerimientos del mismo para la respiración, la retención de color, o para evitar condiciones anaerobias (Welti *et al.*, 2005). El N₂ es un gas inerte, con baja solubilidad en agua y grasas, y se usa fundamentalmente para desplazar el O₂ y para prevenir el enranciamiento en frutos secos. El CO₂ ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano, especialmente contra bacterias aerobias degradativas gram negativas, tales como *Pseudomona ssp.*, las que provocan pérdida de color y malos olores en los alimentos (García *et al.*, 2006).

El control del vapor de agua dentro de una AM es importante porque si las frutas y hortalizas pierden agua, pierden turgencia y si por el contrario se tiene una alta humedad relativa puede presentarse condensación afectando la apariencia y creando condiciones propicias para el crecimiento de microorganismos patógenos y deteriorativos (Zagory y Kader, 1988).

BAÑO QUÍMICO

La apariencia es uno de los principales atributos utilizados para evaluar la calidad de los alimentos en general. En los vegetales frescos en particular, la primera propiedad apreciable es el color, producto de sus propios pigmentos tales como clorofilas, carotenoides y antocianinas. En frutas y hortalizas mínimamente procesadas, los cambios de color constituyen una característica indicativa del deterioro y la pérdida de calidad, ya sea a causa de reacciones enzimáticas específicas o por el avance natural de la madurez (Denoya y Ardanaz, 2012).

La adición de agentes químicos es el tratamiento que más se utiliza para el control del pardeamiento y ablandamiento de los tejidos vegetales, además del control del crecimiento microbiano. El pardeamiento enzimático en vegetales cortados, se produce por la oxidación de constituyentes fenólicos que se polimerizan, formando pigmentos amarillentos, que deprecian el producto. Se encuentran una gran diversidad de frutas y hortalizas mínimamente procesadas que son altamente sensibles al pardeamiento enzimático; para su control, se ha experimentado con distintos aditivos químicos con propiedades antioxidantes, y con el acondicionamiento bajo distintas composiciones gaseosas (Martínez, 1995; Millán, 2001).

La adición de antioxidantes retarda o inhibe la reacción de pardeamiento enzimático, actuando sobre la enzima o el sustrato. El ácido ascórbico (AA) ejerce su efecto sobre las ortoquinonas reduciéndolas a difenoles e inhibiendo de esta forma la acción de la PFO mediante la disminución del pH, o quelando el Cu^{2+} que necesita la enzima para estar activa (Guerrero, 2005). La acción antioxidante del ácido ascórbico ha sido ampliamente probada en gran variedad de frutas frescas cortadas (Agar *et al.*, 1999; Gorny *et al.*, 1999; Buta *et al.*, 1999; Soliva-Fortuny *et al.*, 2001). Los tratamientos combinados de ácido ascórbico y sales de calcio, además de controlar el pardeamiento enzimático refuerzan las estructuras de las paredes celulares en frutas mediante la interacción de las sales de calcio con ácidos pécticos y posterior formación de pectatos cálcicos que originan sobre la pared celular enlaces químicos más fuertes. Las inmersiones en disoluciones de cloruro de calcio de concentración 0.1% a 1% han mejorado la textura de fruta fresca cortada (Bett *et al.*, 2001; Soliva-Fortuny *et al.*, 2002). Por otro lado, el uso de agentes químicos que exhiben actividad antimicrobiana (por reducir y/o inhibir el crecimiento de microorganismos) no es nuevo, ya que ha sido una forma de conservar los alimentos desde que el hombre existe. Estos agentes antimicrobianos pueden ser compuestos sintéticos o bien los que se encuentran presentes naturalmente en algunos alimentos. En el campo de los productos mínimamente procesados, la tendencia actual es la substitución de los antimicrobianos sintéticos por naturales presentes en especias, hierbas, plantas o extractos (ácidos fenólicos, aceites esenciales, isotiocianatos, etc.), animales (lisozima, lactoperoxidasa, lactoferrina, etc.) o microorganismos (nisina, pediocina, levaduras, etc.) (Walti *et al.*, 2003). El uso de compuestos como eugenol, carvacrol, timol y vainillina conlleva la inactivación microbiana debida principalmente a la acción de los compuestos fenólicos que poseen varios de ellos.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

El método de conservación mediante la aplicación de calor es una de las formas más antiguas de conservación utilizada y conocida por el hombre, tiene la cualidad de reducir la carga microbiana y de inhibir la actividad enzimática, aunque cuando es aplicado en

altas temperaturas a alimentos frescos como es el caso de los vegetales mínimamente procesados puede llegar a destruir características nutricionales (vitaminas) y sensoriales del alimento (sabor, textura, color) (Orsat *et al.*, 2001). Sin embargo hay tratamientos térmicos en los cuales se utiliza poca intensidad en el proceso, empleando como medio para transferir el calor aire, agua y vapor. La baja intensidad en los tratamientos permite que se pueda controlar el deterioro de la calidad de las frutas y hortalizas frescas, sin afectar sus características nutricionales y sensoriales (Bolin y Huxsoll, 1991). Estos tratamientos térmicos considerados suaves por su poca intensidad consisten en someter a los productos a temperaturas entre 50 y 90°C durante períodos de tiempo que no excedan los 5 min.

Entre los medios usados para realizar tratamientos térmicos suaves, el agua caliente es el que se utiliza con mayor frecuencia debido a que ofrece mayor flexibilidad y un control fácil del proceso, además el agua funciona mejor como medio para conducir el calor (Barkai y Philips, 1991).

Loaiza *et al.* (1997) reportaron en muestras de lechuga mínimamente procesada que mediante la inmersión en agua a temperaturas de 45-55 °C se obtenía como resultado la inactivación de la enzima polifenoloxidasas (PAL), permitiendo de esta forma alargar su vida útil y conservar su calidad visual gracias a la inhibición de las reacciones de pardeamiento ocasionadas por dicha enzima (PAL). Li *et al.* (2001) también encontraron que mediante la combinación de un tratamiento térmico (50°C/90s) con cloro libre (20 mg/l) se lograba reducir significativamente la población de algunos microorganismos y las reacciones de pardeamiento en lechuga iceberg.

La combinación de tratamientos térmicos suaves con calcio y antioxidantes ha mostrado ser una alternativa viable en la conservación de las características organolépticas de los vegetales mínimamente procesados gracias a el efecto que tiene sobre la inhibición de enzimas (pardeamiento), la reducción de la carga microbiana y la activación de enzimas como la pectinmetilesterasa, la cual se ve favorecida por la incorporación del calcio en la pared celular del tejido vegetal (Saftner *et al.*, 2003; Annous *et al.*, 2004; Lamikanra y Watson, 2004; Aguayo *et al.*, 2008). Los iones de calcio juegan un papel importante en la estabilidad de las membranas celulares y en la retención de la firmeza, debido a su capacidad para servir como puente entre las sustancias pépticas de la pared celular y de la lámina media, formándose pectato de calcio que aporta estructura al tejido. Al combinar la incorporación de calcio con un tratamiento térmico se favorece la activación de la enzima pectinmetilesterasa, lo que permite la unión del Ca^{2+} endógeno o exógeno con los grupos carboxílicos libres de los polímeros de pectinas existentes, estabilizando la pared celular (Luna-Guzmán *et al.*, 1999). Así mismo el tratamiento térmico permite minimizar la actividad del etileno reduciendo la tasa de respiración y favoreciendo la estabilidad microbiológica, y por su lado el calcio contribuye a la reducción de la pérdida

de agua y el consecuente aumento en la turgencia celular durante el almacenamiento (Lamikanra y Watson, 2004).

La siguiente tesis de maestría se presenta en forma de capítulos, por lo cual cada uno de ellos se tratará en formato tipo artículo para poder ser sometido a publicación en revistas científicas. La normativa para publicación de los artículos en las diferentes revistas se encuentra disponible en la parte final. Es importante resaltar que los tratamientos utilizados para la experimentación del capítulo 2 son consecuencia de los mejores resultados obtenidos en el capítulo 1.

OBJETIVOS

GENERAL

Aplicar la tecnología de barreras para la conservación individual y de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas.

ESPECÍFICOS

- Evaluar diferentes tecnologías de barreras para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas, utilizando tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico por aspersión.
- Aplicar la tecnología de barreras, involucrando desinfección, tratamiento térmico, recubrimiento comestible, atmósferas modificadas y almacenamiento refrigerado como alternativa de conservación de una mezcla de vegetales mínimamente procesados compuesta por brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L), chayote (*Sechium edule*), apio (*Apium graveolens*) y zanahoria (*Daucus carota*).

CAPÍTULO 1

APLICACIÓN DE TRATAMIENTO TÉRMICO, RECUBRIMIENTO COMESTIBLE Y BAÑO QUÍMICO COMO BARRERAS PARA LA CONSERVACIÓN DE HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

APPLICATION OF HEAT TREATMENT, EDIBLE COATING AND CHEMICAL DIP AS BARRIERS TO THE CONSERVATION OF FRESH-CUT VEGETABLES

Alejandro Escobar Hernández ^{1*}, Claudia Estela Restrepo-Flores², Carlos Julio Márquez Cardozo¹, Jaime Andrés Cano Salazar² y Jairo Humberto Patiño Gómez²

¹Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, A. A. 1779. Medellín, Antioquia, Colombia. ²Instituto De Ciencia y Tecnología Alimentaria – Fundación Intal. Medellín, Antioquia, Colombia.

*Autor para correspondencia: aescobarhe@hotmail.com

RESUMEN

El consumo de vegetales mínimamente procesados es creciente en el mundo, el interés por alimentarse en forma rápida y saludable ha estimulado el desarrollo de los vegetales cuarta gama o mínimamente procesados, sin embargo su alta actividad metabólica reducen su estabilidad y periodo de vida útil. Se ha promovido la el uso de tecnologías aplicadas a estos productos que les brinden mayor duración y garanticen la reducción de pérdidas poscosecha. En esta investigación se evaluó el efecto de 3 tecnologías de barreras sobre la intensidad de respiración y la calidad sensorial general de seis hortalizas mínimamente procesadas (brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), apio (*Apium graveolens*), zanahoria (*Daucus carota*) y chayote (*Sechium edule*)). Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar, constituidos los bloques por cada uno de los vegetales y las variables respuesta la tasa de respiración y la calidad sensorial general. Para el recubrimiento comestible se utilizó pectina de bajo metoxilo 2%, cera carnauba 1%, glicerol 1,5% y ácido ascórbico 0,05%; el tratamiento térmico fue de 60°C durante 2 min, con adición de ácido ascórbico 0,25%, ácido cítrico 0,5% y cloruro de calcio 0,025%; el baño químico se realizó con una solución de ácido cítrico 0,5%, ácido ascórbico 0,05% y cloruro de calcio 0,05% y un control. La tasa de producción de CO₂ se midió por el método estático, monitoreando la composición de los gases del espacio de cabeza, durante 24 horas a 8°C y humedad relativa del 90%, La evaluación sensorial del color, aroma, crujencia, sabor objetable fueron las características sensoriales tenidas en cuenta para evaluar la calidad general de cada vegetal, la cual se realizó con un panel de 7 jueces entrenados. Se pudo concluir que el tratamiento térmico y el recubrimiento comestible, permitieron que los vegetales conservaran la calidad sensorial. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas respecto al control ($p < 0,05$). La velocidad de respiración disminuyó en el apio, brócoli, chayote, coliflor y zanahoria al aplicar el tratamiento térmico. La tecnología de barreras se mostró como una alternativa viable para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas.

Palabras clave: respiración, poscosecha, hortalizas, sensorial.

ABSTRACT

The fresh-cut vegetables consumption is increasing in the worldwide since its foray in the early 90s. The international association of fresh cut products, reported sales in 2000 of 12 billion dollars. The interest in feed quickly and healthy, has stimulated the development of vegetable fourth range, however their high metabolic activity reduces its stability and shelf life. It has promoted the adoption of technologies for minimally processed products that give them longer life and ensure the reduction of postharvest losses. In this research evaluated the effect of 3 technologies barriers on the respiration intensity and general sensory quality of six fresh-cut vegetables (broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italic*), cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), celery (*Apium graveolens*), carrot (*Daucus carota*) and vegetable pear (*Sechium edule*)). Experimental design was applied in a randomized complete block, blocks made by each of the vegetables and the response variables respiration rate and general sensory quality. For the edible coating was used low methoxyl pectin 2%, 1% of carnauba wax, 1,5% glycerol and 0,05% ascorbic acid; the heat treatment was 60 °C for 2 min, adding 0,25% ascorbic acid, 0,5% citric acid and calcium chloride 0,025%; the chemical dip was carried out with a solution of 0,5% citric acid, ascorbic acid 0,05% and calcium chloride 0,05% and one control. The rate production of CO₂ was measured by the static method, monitoring the gas composition of the headspace for 24 hours at 8 °C and relative humidity of 90%, the sensory evaluation of color, aroma, crispness objectionable taste were sensory characteristics taken into account in assessing the general quality of each vegetal, which was performed with a panel of 7 judges trained. It was concluded that the heat treatment and edible coating, allowed the vegetables retain the sensory quality. Statistical analysis showed no significant differences from control ($p < 0.05$). Respiration rate decreased celery, broccoli, vegetable pear, cabbage and carrot applying heat treatment. The Hurdle technology was found to be a viable alternative for the conservation of fresh-cut vegetables.

Keywords: respiration, postharvest, vegetables, sensory.

INTRODUCCIÓN

El consumo de vegetales mínimamente procesados es creciente en el mundo, no siendo Colombia la excepción en esa tendencia. El interés de la sociedad por alimentarse en forma rápida y saludable, ha promovido la creación de nuevas tecnologías como los productos mínimamente procesados, con el fin de comercializar frutas y hortalizas en estado fresco. No obstante, la vida útil de los productos mínimamente procesados se ve limitada debido a un rápido deterioro fisiológico, bioquímico y microbiano, ocasionado por las operaciones realizadas en su elaboración, tales como lavado, pelado y cortado. La reducción de las pérdidas en el procesamiento requiere la adopción de nuevas tecnologías que permitan brindar una mayor estabilidad de las características sensoriales y nutritivas durante el tiempo de almacenamiento (Ragaert *et al.*, 2004). Dicha problemática de pérdidas pre y postcosecha, así como las relacionadas con el fin de obtener productos agrícolas sanos, con un alto nivel nutricional, buena calidad organoléptica y libres de residuos de agroquímicos, ha generado la búsqueda de alternativas que permitan mejorar el aprovechamiento de los mismos, con la menor incidencia de daños, a nivel de los mercados de consumo fresco (Flores, 2000). Para esto se han propuesto las nuevas tecnologías orientadas a conocer las técnicas de acondicionamiento postcosecha de los vegetales mínimamente procesados, las buenas prácticas agrícolas (BPA) y de manejo postcosecha (BPMP), para garantizar el control perecedero de los productos y la reducción de las pérdidas físicas durante el proceso productivo (Aguayo *et al.*, 2001; Teullado *et al.*, 2005). En respuesta a la demanda de este tipo de alimentos, se han desarrollado las técnicas para el procesamiento mínimo, que involucran un conjunto de operaciones unitarias que permiten extender la vida útil de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, sin alterar las características nutricionales y sensoriales de los vegetales (Cano, 2001).

Dentro de esta serie de operaciones unitarias se encuentran unas de especial interés identificadas como barreras u obstáculos que tienen como finalidad alargar la vida comercial de los alimentos, minimizando el deterioro causado por reacciones físico-químicas y por microorganismos. Desde el punto de vista microbiológico la tecnología de barreras busca exponer a los microorganismos a un medio hostil para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar la muerte de los mismos (Alzamora *et al.*, 2004).

Durante las dos últimas décadas se han desarrollado diferentes técnicas físicas y químicas con el ánimo de extender la vida útil de los vegetales mínimamente

procesados: refrigeración, desinfección, absorbedores de etileno, irradiación, recubrimiento comestible, inmersión en baño químico, atmósfera modificada y controlada, tratamientos térmicos leves y radiación ultravioleta (UV-C). La reacción positiva a uno o varios tratamientos depende de la matriz vegetal que se esté empleando, siendo necesario realizar estudios que permitan identificar cual es la secuencia de tratamientos necesaria para obtener un efecto sinérgico y de esta forma producir un efecto de barrera que permita prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Artés y Allende, 2005; Bico *et al.*, 2009; Denoya *et al.*, 2012; Leistner y Gould, 2002).

Dentro de los tratamientos mencionados anteriormente cabe resaltar que el más utilizado es el baño químico, que comprende la adición de ácidos orgánicos como el ácido cítrico, málico y ascórbico en combinación con alguna sal de calcio, magnesio o sodio, dispersos en una solución acuosa. Estos compuestos ejercen un mayor control en el pH del alimento limitando la actividad de ciertos microorganismos, como las bacterias mesófilas deteriorativas; su acción no es letal para los microorganismos, sino inhibitoria, pero en combinación con bajas temperaturas permiten controlar su crecimiento y desarrollo ayudando a prolongar la vida de anaquel del material vegetal (Díaz *et al.*, 1999; Román *et al.*, 1998). Con relación a las sales de calcio y otras sales, se ha demostrado su capacidad para restablecer la firmeza del tejido a nivel de la laminilla media de la pared celular y promover la formación de pectatos de calcio para fortalecer la resistencia textural del tejido fresco (Luna-guzmán y Barrett, 2000; Soto y Yahia, 2002). Cuando ambos compuestos se combinan (ácidos orgánicos y sales de calcio) se obtienen resultados como la disminución significativa de los cambios de color, sabor y textura, manteniendo la calidad organoléptica y fresca del vegetal mínimamente procesado por periodos de hasta siete días bajo refrigeración (Méndez, 2008; Quevedo *et al.*, 2005; Robles *et al.*, 2007; Yahia y Ariza, 2001).

Los tratamientos térmicos leves en combinación con ácidos orgánicos como ácido cítrico, ácido ascórbico y sales de calcio, son una tecnología que en la actualidad está siendo muy estudiada para su aplicación en frutas y hortalizas mínimamente procesadas, gracias a su efecto en la reducción del pardeamiento enzimático y en la disminución de la pérdida de firmeza, esto se debe a que el tratamiento térmico leve crea un aumento en la difusión de los compuestos hacia los tejidos de vegetal. Adicionalmente se ha estudiado el efecto que tiene la combinación de ambos tratamientos sobre la disminución de la velocidad de respiración y la carga microbiana inicial de los vegetales mínimamente procesados (Artés y Allende, 2005; Alegria *et al.*, 2012).

Los recubrimientos comestibles son una de las tecnologías más estudiadas en cuanto a su aplicación en productos vegetales mínimamente procesados, se han empleado con éxito en pera, piña, melón, ajo, manzana, papa, espárrago, papaya, zanahoria, cereza, fresa, mora y mango, entre otros (Oms *et al.*, 2008; Talens *et al.*, 2012; Báez *et al.*, 2002; Maia *et al.*, 2008; Baldwin *et al.*, 1996; Tzoumaki *et al.*, 2009; Brasil *et al.*, 2012; Li y

Barth, 1998; Yaman y Bayoindirli, 2001; Restrepo, 2009; Ramírez, 2012; Sothornvit y Rodsamran, 2010). Tienen como propósito inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos y pigmentos, además de servir como vehículo para aditivos alimentarios (antioxidantes, antimicrobianos, saborizantes, colorantes), permite mejorar la integridad mecánica propiciando características más adecuadas para el del alimento. Las películas y recubrimientos comestibles se elaboran con biopolímeros naturales de alto peso molecular que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloides, proteínas, polisacáridos, los cuales debido a su naturaleza hidrofílica, son muy sensibles al agua. Los otros componentes mayoritarios en la formulación los constituyen, lípidos, plastificantes, emulsificantes, agentes tensoactivos (surfactantes), agentes de liberación controlada de compuestos, antioxidantes, lubricantes, entre otros, por lo que realmente se trata de formulaciones multi-componente (Gennadios, 1996).

El objetivo de la investigación fue evaluar diferentes tecnologías de barreras para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas, utilizando tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico por aspersion.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. El material vegetal fue adquirido en la central de abastos y abarrotes para mayoristas y minoristas del departamento de Antioquia (Colombia). Se utilizaron seis tipos de hortalizas: brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), apio (*Apium graveolens*), zanahoria (*Daucus carota*) y chayote (*Sechium edule*). Los vegetales considerados para la investigación correspondieron a hortalizas de consumo masivo, importante uso agroindustrial y aceptación por parte de los consumidores en la región. Las actividades fueron desarrolladas en los laboratorios de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y en la Fundación Intal.

Solución para la aplicación del tratamiento térmico. Para la preparación de la solución se utilizó agua destilada en la cual previamente se disolvió cloruro de calcio (0,025%), ácido cítrico (0,5%) y ácido ascórbico (0,25%). Luego se llevó la solución a un baño maría termostatzado marca Memmert® modelo WNE 14 (United States), donde se calentó hasta 60°C y se mantuvo así durante 30 min. Para la posterior inmersión de los vegetales, adaptado de Loaiza *et al.* (2003).

Recubrimiento comestible. Se utilizó como matriz principal para la preparación del recubrimiento comestible pectina de bajo metoxilo (2%), glicerol (1,5%) como plastificante, cera de carnauba (1%) como barrera al vapor de agua (Restrepo, 2009), ácido ascórbico (0,05%) como antioxidante y agua destilada. Los componentes se disolvieron en agua destilada a una temperatura de 70°C con agitación magnética continua a 700 rpm en una placa de calentamiento marca IKA® modelo RCT BS1, la solución se sometió a esta operación durante 15 min hasta quedar completamente homogénea. El recubrimiento comestible fue almacenado en refrigeración a 8°C hasta el momento de su aplicación, adaptado de Márquez *et al.*, (2009).

Baño químico. Para la elaboración del baño químico a utilizarse en la aspersión de los vegetales, se tomó agua destilada, en la cual se disolvió ácido ascórbico (0,05%), ácido cítrico (0,5%) y cloruro de calcio (0,05%), la solución fue aplicada con un aspersor manual marca Swipe® modelo Motor Foam sobre los vegetales, adaptado de García (2008).

Procedimiento experimental. Se seleccionaron los vegetales con base a la similitud de forma, tamaño y ausencia de daños externos. Los cuales se lavaron y desinfectaron mediante inmersión durante cinco minutos en una solución con Dioxo-san (Dióxido de cloro) de 0,25% de concentración. Después de ser lavadas y desinfectadas las hortalizas se realizó el corte, el cual fue efectuado de forma manual. Luego se procedió a aplicar por separado el tratamiento seleccionado para cada tipo de vegetal de acuerdo a los preensayos realizados, consistentes en: Recubrimiento Comestible (RC), Tratamiento Térmico (TT) o Baño Químico por Aspersión (Asp), para cada uno de los vegetales de forma independiente. Se utilizó una muestra control para determinar si había un efecto significativo de los tratamientos en cada uno de los vegetales. El recubrimiento comestible se aplicó mediante inmersión del vegetal durante dos minutos en la solución, luego el vegetal recubierto se secó aplicando aire en circulación forzada, con un ventilador marca Samurai® con un caudal de 140 m³/min a una temperatura de 18°C ± 2°C, adaptado de Brasil *et al.*, (2012).

Para la aplicación del tratamiento térmico los vegetales se mantuvieron inmersos en agua a una temperatura de 60°C durante 2 min utilizando un baño maría termostatzado, luego los vegetales fueron sometidos a un choque térmico con agua a 4°C durante 2 minutos. Las hortalizas se llevaron a un proceso de drenado y secado aplicando aire en circulación forzada con un ventilador marca Samurai® con un caudal de 140 m³/min a una temperatura de 18°C ± 2°C, este proceso se realizó durante una hora, logrando minimizar el agua que se depositaba en la superficie de los vegetales.

La aplicación del baño químico se realizó mediante un sistema de aspersión, aplicando la solución en la superficie de cada una de las hortalizas. Los vegetales se llevaron a un proceso de secado por 30 minutos aplicando aire en circulación forzada con un ventilador

marca Samurai® con un caudal de 140 m³/mi a una temperatura de 18°C ± 2°C. Para finalizar, fueron envasados 100 g de cada una de las hortalizas en contenedores herméticos de vidrio (620 mL), utilizando tres repeticiones por tratamiento para cada uno de los vegetales. Las muestras fueron almacenadas a una temperatura de 8± 2°C y 90± 5% de humedad relativa durante 24 horas, tiempo en el cual se realizaron los análisis físico-químicos y sensoriales.

Diseño experimental. El diseño experimental que se utilizó para determinar el comportamiento de los vegetales mínimamente procesados de forma independiente, fue un diseño experimental de bloques completos al azar con esquemas independientes correspondiente a cada vegetal (brócoli, coliflor, zucchini, apio, zanahoria y chayote), factores correspondientes a los tratamientos; térmico, baño químico, y recubrimiento comestible y con variables de respuesta para la respiración y para los atributos sensoriales, se utilizaron tres replicas.

Tasa de producción de CO₂. Para la determinación de la tasa de respiración de los vegetales, se tomaron 100 g de cada una de las hortalizas y se introdujeron en un contenedor hermético de 620 mL con un septum de caucho en la tapa. La concentración de gases se midió con un equipo del tipo PBI Dansensor® durante cada hora, para 24 horas, manteniendo el sistema a 8°C ± 2°C y a una humedad relativa de 90% ± 5%. Para cada uno de los vegetales se utilizaron 3 repeticiones por tratamiento y el experimento total se replicó tres veces. La tasa de producción de CO₂ se expresó como porcentaje de dióxido de carbono promedio en % de CO₂ ± la desviación estándar (Fonseca *et al.*, 2012).

Calidad sensorial. La evaluación sensorial se realizó con un panel de 7 jueces entrenados, en pruebas sensoriales específicas para los descriptores de los vegetales utilizados en la presente investigación y seleccionados por haber obtenido una puntuación superior al 60% en las pruebas descriptivas aplicadas, ratificando así el adecuado conocimiento en las características sensoriales de las hortalizas. Se utilizó una escala no estructurada de 10 cm de longitud, para medir la intensidad de los atributos sensoriales: color, aroma, crujencia, sabor objetable y calidad general de los vegetales almacenados a 8°C ± 2°C y humedad relativa de 90% ± 5%, la evaluación se realizó a las 24 horas de aplicados los tratamientos (Anzaldúa, 1994; Loyola *et al.*, 2007; Morgado *et al.*, 2013).

Análisis de datos. Se realizó a través de un análisis de varianza simple (ANOVA). En los casos en que se encontraron diferencias significativas, se procedió a comparar las medias por la prueba de rango múltiple LSD con un 95% de nivel de confianza, se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurion versión 16.0.07. Además se evaluaron las correlaciones de los datos experimentales por el método de correlación de Pearson para la tasa de producción de CO₂ (Montgomery, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de producción de CO₂. En la Tabla 1, se presentan los resultados del efecto de los tratamientos sobre la tasa de producción de CO₂ de los seis vegetales mínimamente procesados, mostrando reducción para apio, brócoli, chayote, coliflor y zanahoria, cuando se aplicó el tratamiento térmico con respecto a la muestra control, señalando que dicho tratamiento tiene una incidencia en la disminución de la velocidad de respiración de los vegetales mínimamente procesados. Este efecto tiene una gran relación con lo propuesto por Wiley (1997) y Alegria (2012), que señalan el efecto de barrera de los tratamientos térmicos, indicando que dichos tratamientos influyen en la reducción y eliminación de la actividad enzimática, por la desnaturalización de sus estructuras, lo cual afecta su actividad y la acción específica sobre los sustratos, y de esta forma interfiriendo sobre las enzimas relacionadas con la respiración de los vegetales mínimamente procesados, además también señalan que el rango de temperatura óptima de acción de las enzimas relacionadas con los vegetales es de 30-50°C. Por lo tanto el tratamiento térmico aplicado en este proceso se encuentra por encima de este rango de temperatura logrando probablemente la reducción de la actividad específica de las enzimas relacionadas con la respiración, e incluso puede ser probable que se hayan afectado por el tratamiento térmico enzimas como la ACC-Sintasa y la ACC-Oxidasa, las cuales están implicadas en la síntesis de etileno que a su vez desencadena la cascada de eventos propios del aceleramiento en la tasa de producción de CO₂, y por lo tanto de aquellas relacionadas con la pérdida de color y de textura de los vegetales mínimamente procesados.

Por otra parte el tratamiento aspersión con el baño químico no presentó diferencias significativas con respecto al control, excepto para chayote, en el cual se observó moderada disminución de la misma, este efecto probablemente sea atribuido a la presencia de ácido cítrico y cloruro de calcio en la solución, debido a que el ácido cítrico está implicado en la inhibición de la actividad de la enzima fosfofructoquinasa que cataliza la fosforilación de la fructosa 6-fosfato en 1,6-bifosfato en la vía glucolítica del metabolismo respiratorio, además se ha encontrado que la fosfofructoquinasa juega un papel importante en el control de la glucólisis, con respecto al cloruro de calcio, se ha encontrado que participa en la conformación de estructuras de pectato de calcio que aportan en la conservación de la textura de los vegetales (Kato y Watada, 1997).

Resultados semejantes fueron reportados por Fontes *et al.*, (2008) quienes lograron minimizar la velocidad de respiración de manzanas mínimamente procesadas, empleando una solución conservadora compuesta por ácido ascórbico (1%), ácido cítrico

(0,5%), cloruro de calcio (0,25%) y cloruro de sodio (0,7%). Por otra parte se ha demostrado el efecto que tiene el cloruro de calcio en la reducción de la actividad metabólica, lo cual probablemente es atribuido al aumento en la rigidez del tejido que ocasiona un bloqueo en el intercambio gaseoso y regula la acción del etileno sobre el vegetal (Saftner *et al.*, 1998). Luna-Guzmán *et al.*, (1999) Indicaron que mediante la aplicación de un tratamiento con cloruro de calcio se lograba minimizar la intensidad respiratoria y mejorar la firmeza del melón *cantaloupe* mínimamente procesado.

El recubrimiento comestible no presentó diferencias significativas con la muestra control para apio zucchini y brócoli. Para chayote y coliflor se observó un aumento en dicha intensidad respiratoria. Resultados similares fueron reportados por Ghidelli (2012) quien utilizó un recubrimiento a base de proteína de soja, ácido cítrico y glicerol encontrando de igual manera un incremento en la tasa de respiración con respecto al control (muestras no recubiertas). En cuanto a la aplicación del recubrimiento comestible en zanahoria si se observó una significativa disminución de la velocidad de respiración con respecto a la muestra control, probablemente debido a la formación de barreras semipermeables que disminuyen la difusión de los gases, permitiendo controlar de esta manera la respiración del vegetal (Carrasco *et al.*, 2002). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Vargas *et al.*, (2006) los cuales mediante el uso de una película a base de quitosano y ácido oleico lograron aumentar la vida útil de zanahorias mínimamente procesadas reduciendo su tasa de respiración, pérdida de peso y manteniendo el color.

La Tabla 1 presenta los resultados para los valores promedio de la tasa de respiración, para los vegetales mínimamente procesados almacenados a $8 \pm 2^\circ\text{C}$ y a una humedad relativa de $90 \pm 5\%$.

Tabla 1. Tasa de producción de CO_2 expresada en % medida durante 24 horas, para seis vegetales mínimamente procesados.

Tratamiento	Apio	Brócoli	Chayote	Coliflor	Zanahoria	Zucchini
Baño químico por Aspersión	0,243 a ($\pm 0,005$)	0,476 a ($\pm 0,004$)	0,152 a ($\pm 0,006$)	0,411 a ($\pm 0,090$)	0,351 a ($\pm 0,002$)	0,172 a ($\pm 0,002$)
Recubrimiento comestible	0,239 ab ($\pm 0,005$)	0,565 ab ($\pm 0,072$)	0,190 c ($\pm 0,003$)	0,578 c ($\pm 0,003$)	0,297 c ($\pm 0,018$)	0,200 bc ($\pm 0,009$)
Tratamiento térmico	0,076 c ($\pm 0,020$)	0,379 c ($\pm 0,064$)	0,107 d ($\pm 0,003$)	0,295 d ($\pm 0,032$)	0,189 d ($\pm 0,009$)	0,187 ac ($\pm 0,013$)
Control	0,232 ab ($\pm 0,001$)	0,510 ab ($\pm 0,004$)	0,167 b ($\pm 0,010$)	0,458 ab ($\pm 0,007$)	0,333 ab ($\pm 0,027$)	0,189 ab ($\pm 0,016$)

Letra diferente indica diferencia significativa ($p < 0,05$)
Media (\pm Desviación Estándar)

Calidad sensorial. La calidad sensorial general fue el descriptor elegido para las calificaciones de los jueces. La Figura 1 muestra la influencia del tipo de tratamiento (tratamiento térmico, recubrimiento comestible, baño químico por aspersión, y control) sobre el descriptor calidad sensorial general para los seis vegetales mínimamente procesados.

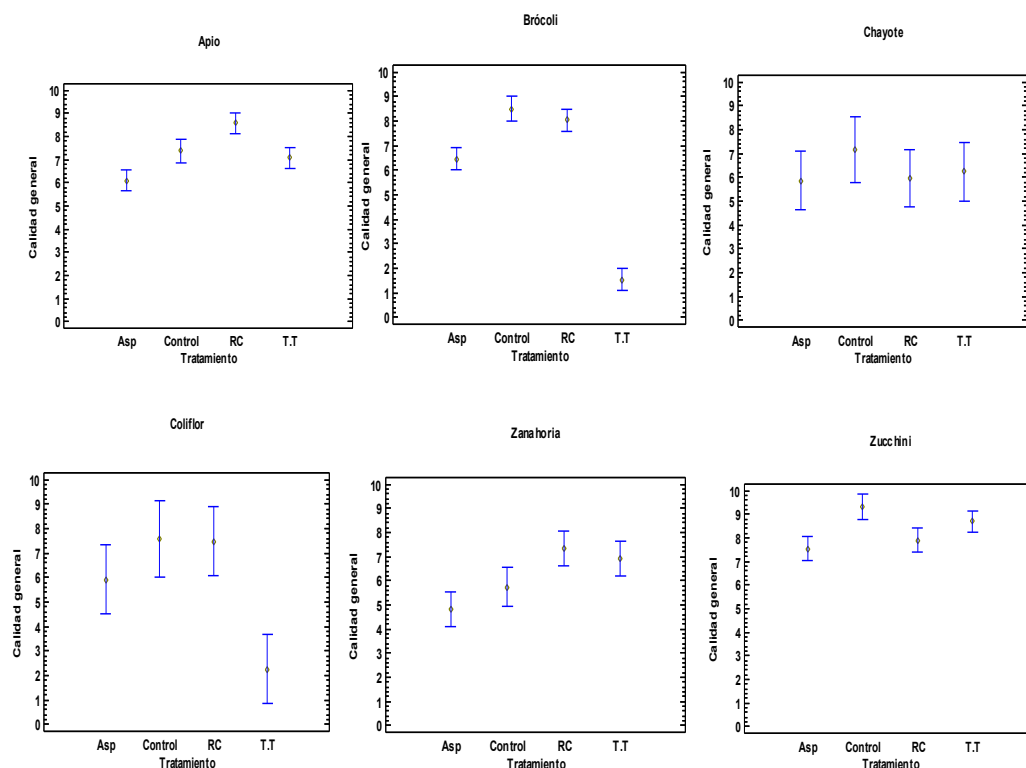


Figura 1. Calidad sensorial general de los vegetales mínimamente procesados después de 24 horas de almacenamiento a $8 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $90 \pm 5\%$, los símbolos representan la media y las líneas verticales los valores de la diferencia mínima significativa para un nivel de confianza del 95%.

En la Figura 1 se presentan los resultados del efecto de los tratamientos sobre el descriptor sensorial calidad general. El tratamiento de baño químico por aspersión mostró una disminución de la misma para el apio, brócoli y zucchini, dicho efecto es probablemente atribuido a la presencia de un sabor residual ácido el cual es ocasionado por los compuestos adicionados a la solución con la cual se realizó la aspersión. Resultados similares fueron reportados por otros investigadores quienes utilizaron una mezcla de ácido ascórbico (0,5%), lactato de calcio (1%) y 4-hexilresorcinol (0,01%) para la conservación de muestras de pera mínimamente procesada, encontrando mediante el

análisis sensorial la presencia de un sabor objetable, el cual fue atribuido al uso de agentes antipardeantes (Dong *et al.*, 2000).

Cuando se aplicó el recubrimiento comestible la calidad sensorial del apio y zanahoria fue significativamente mejor que el control, siendo el color y la textura los descriptores sensoriales que presentaron las mejores características, probablemente debido a que el recubrimiento logro reducir la pérdida de agua por transpiración en ambos vegetales (Baldwin *et al.*, 1995). Resultados similares reportaron Howard y Dewi (1995) quienes mediante la aplicación de un recubrimiento comestible comercial (Natural Seal[®]) lograron retardar la decoloración superficial de zanahorias, indicando que los atributos sensoriales de sabor, aroma y aceptabilidad fueron mejores que los de las muestras sin recubrir (García *et al.*, 2000). Otros investigadores mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de aceite de girasol, almidón de maíz, glicerol y sorbitol, lograron mantener el color y reducir hasta tres veces la pérdida de vapor de agua con respecto a la muestra control en zanahorias mínimamente procesadas, de igual forma identificaron que el uso de recubrimientos comestibles a base de caseína y monoglicérido acetilado, tenía efecto significativo en la resistencia al vapor de agua sobre trozos de apio mínimamente procesados, conservando de esta manera su color característico (Avena *et al.*, 1997).

Por otra parte el uso del recubrimiento comestible tuvo un efecto desfavorable en la reducción de la calidad general del zucchini, debido a la sinéresis presentada por la película, presentando una sensación pegajosa al tacto, aspecto que influyó negativamente en la evaluación sensorial. Este efecto probablemente pudo ser debido a la falta de uso de agentes de liberación controlada y lubricantes en la formulación, ya que estos tienen la función de prevenir que los alimentos recubiertos se hagan pegajosos (Baldwin *et al.*, 1995).

En cuanto a la aplicación del tratamiento térmico en brócoli y coliflor, se intervinieron aspectos sensoriales como la firmeza, probablemente debido a la afectación que ejerce sobre la pared celular en especial a las estructuras moleculares de las sustancias pécticas, provocando un rompimiento de la estructura que conlleva a cambios en la permeabilidad y flexibilidad de los tejidos (Aguilar *et al.*, 1999). Resultados similares reportaron Monzini *et al.*, (1975) quienes demostraron mediante técnicas histológicas las alteraciones de ablandamiento que sufrían los vegetales cuando eran llevados a un tratamiento térmico de escaldado. También se pudo establecer un deterioro en el color de ambos vegetales especialmente en la tonalidad verde lo cual es probablemente debido a que los pigmentos clorofílicos por la acción del calor pasan a feofitinas, acción ocasionada por los ácidos orgánicos que salen de sus compartimientos por el desacomodo estructural debido al calor (Heaton y Marangoni, 1996; Kidmose *et al.*, 2002; Mercado y Aquino, 2005). Otros investigadores señalaron que la conversión de clorofilas a feofitinas no solo dependía de la temperatura aplicada, sino también de factores como

el tiempo de exposición y pH del medio utilizado (Kidmose *et al.*, 2002). Resultados similares fueron reportados por algunos autores, quienes sometieron distintos vegetales a temperaturas de 60°C en soluciones amortiguadoras con pH de 7,2 y 4,1 y encontraron que a medida que el pH del medio disminuía el contenido de feofitinas aumentaba, indicando que la estabilidad de las clorofilas en células dañadas dependía del tipo de ácidos celulares y de la asociación de la clorofila con las proteínas que la protegen Haisman y Clarke (1975).

CONCLUSIONES

El tratamiento térmico disminuyó la velocidad de respiración para brócoli, coliflor, apio, chayote y zanahoria, sin embargo afectó descriptores sensoriales como el aroma y la textura en brócoli y coliflor, contribuyendo a la pérdida de la calidad sensorial de ambos vegetales. Las demás hortalizas no presentaron diferencias significativas con la muestra control durante el periodo de almacenamiento, conservando de esta manera su calidad general.

El baño químico por aspersión solo favoreció al chayote mínimamente procesado minimizando su velocidad de respiración y mostrando un comportamiento de la calidad general similar al de la muestra control.

El recubrimiento comestible disminuyó la tasa de respiración para la zanahoria mínimamente procesada, además permitió conservar la calidad general durante el tiempo de almacenamiento siendo mayor que la presentada por las muestras control. De igual forma el recubrimiento comestible aunque no disminuyó la velocidad de respiración del apio logró conservar la calidad general, siendo superior a lo presentado por las muestras control y a los demás tratamientos.

Los tratamientos térmicos, recubrimientos comestibles y aspersión con baños químicos, se constituyen en alternativas viables para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas, además son relativamente sencillos de aplicar, prácticos y económicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación INTAL y COLCIENCIAS por el financiamiento de esta investigación a través del convenio 290/2011.

Al Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

A la Organización ALICO por la proveeduría de materiales y empaques y a la empresa Alimentos Coma Sano.

BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, E.; Escalona, V.; y Artés, H. 2001. Industrialización del Melón Procesado Fresco. Revista Horticultura. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/156/51156.pdf>[Fecha revisión: Marzo 18 de 2013].

Aguilar, C. N.; Reyes, M.; Garza H.; y Contreras, J. 1999. Aspectos bioquímicos de la relación entre el escaldado TB-TL y la textura de vegetales procesados. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 43(2): 54-62.

Alegria, C.; Pinheiro, J.; Duthoit, M.; Gonçalves, E. M.; Moldão-Martins, M.; and Abreu, M. 2012. Fresh-cut carrot (cv . *Nantes*) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *Food Sci Technol-Leb.* 48 (2): 197–203.

Anzaldúa, Antonio. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: España. Acribia. p 198.

Alzamora, S.; Guerrero, S.N.; Nieto A. B.; y Viales S.L. 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y5771s/y5771s02.htm#bm2.2>[Fecha revisión: Marzo 25 de 2013].

Artés, F.; and Allende, A. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. DA-WEN, Sun. Emerging technologies for food processing. San Diego, California: Elsevier Academic Press. p 677 – 716.

Avena, R. J.; Krochta, J. M.; and Salveit, M. E. 1997. Water vapor resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. *J. Food Sci.* Vol. 62(2): 351-354.

Báez, R.; Saucedo, C.; Pérez, B.; Bringas, E.; y Mendoza, A. 2002. Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente en la conservación de melón reticulado. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(4): 375-379.

Baldwin, E. A.; Nisperos, M. O.; Baker, R. A. 1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *Hort Sci.* 30(5): 35-40.

Baldwin, E. A.; Nisperos, M. O.; Chen, X.; and Hagenmaier, R. D. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biol Technol.* 9(2): 151-163.

Bico, S. L. S.; Raposo, M. F. J.; Morais, R. M. S. C.; and Morais M. M. B. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control.* 20 (5): 508–514.

Brasil, I. M.; Gomes, C.; Puerta, A.; Castell, M. E.; and Moreira R. G. 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *Food Sci Technol.* 47 (1): 39-45.

Cano, M. 2001. Preparación de Alimentos Vegetales Procesados en Fresco. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2001_E_50_67BIS.pdf [Fecha revisión: Abril 5 de 2013].

Carrasco, E.; Villaroel, M.; y Cevallos, L. C. 2002. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad sensorial de pimentones verdes (*Capsicum Annuum L*) durante el almacenamiento. *Archivos Lat. Nutr.* 52 (1): 84-90.

Denoya, G.; Ardanaz, M.; Sancho, A. M.; Benítez, C. E.; González, C.; y Guidi, S. 2012. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. *RIA.* 38 (3): 263–267.

Díaz, R.; y Carter, J. 1999. Inocuidad microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas. *RVCTA.* 2 (3): 133–136.

Dong, X.; Wrolstad, R. E.; and Sugar, D. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. *J. Food Sci.* 65(1): 181-186

Flores, A. 2000. Manejo poscosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y Recomendaciones. Editorial UNELLEZ. San Carlos – Cojedes. p 320.

Fonseca, S.; Oliveira, A. R.; and Brecht, J. 2012. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. *J Food Eng.* 52(1): 99-119.

Fontes, L. C. B.; Sarmiento, S. B. S.; Spoto, M. H. F.; e Dias, C. T. S. 2008. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. *Ciênc.Tecnol. Aliment.* 28(4): 872-880.

García, M.; Martino, M.; and Zaritzky, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch based films and coatings. *J. Food. Sci.* 65(6): 941-947.

García, A. 2008. Aplicación de la técnica de IV gama para la elaboración de ensaladas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín.* 61 (2): 4658– 4666.

Gennadios, A.; and Weller, C. 1990. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. *Food Technol.* 44 (10): 63-67.

Ghidelli, C. 2012. Efecto de recubrimientos comestibles y envasado en atmosferas modificadas en el control del pardeamiento en caqui 'rojo brillante'. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 18 p.

Haisman, D. R.; and Clarke, M. W. 1975. The interfacial factor in the heat-induced conversion of chlorophyll to pheophytin in green leaves. *J. Sci. Food Agric.* 26(8): 1111-1126.

Heaton J. W.; and Marangoni A. G. 1996. Chlorophyll degradation in processed food and senescent plant tissues. *Trends Food Sci. Technol.* 7(1): 705-708.

Howard, L. R.; and Dewi, T. 1995. Sensory, microbiological and chemical quality of mini-peeled carrots as affected by edible coating treatment. *J. Food Sci.* 60(1): 142-144.

Kato, H.; and Watada, A. E. 1997. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. *Hort Science.* 32(1): 136.

Kidmose, U.; Edelenbos, M.; Norbaek, R.; Christensen, L. P. 2002. Color stability in vegetables. In: *Color in Food.* MacDougall DB (Ed) Improving quality. CRC Press. Boca Raton. USA. 179 – 232.

Leistner, L.; and Gould, G. 2002. Hurdle technologies: Combination Treatments for food stability, safety and quality. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. p 196.

Li, P.; and Barth, M. 1998. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. *Postharvest Biol Technol.* 14(1): 51-60.

Loaiza, J.; Mangrich, M.; Campos, R.; and Saltveit, M. 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles. *Postharvest Biol Tec.* 27(3): 305-311.

Luna-Guzmán, I.; Cantwell, M.; and Barrett, D.M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of Ca chloride dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biol. Technol.* 17 (3): 201–203.

Luna-Guzmán, I.; and Barrett, D. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biol Tec.* 19 (1): 61–72.

Maia, R.; Fátima, N.; Alvarenga, D.; and Almeida, L. 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydr. Polym.* 72(3): 403-409.

Márquez, C.; Cartagena, J.; y Pérez, M. 2009. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). *Vitae.* 16(3): 304-310

Méndez, A. 2008. Aplicación de la tecnología IV gama en frutos de melón (*Cucumis melo*) y piña (*Ananas comosus*). *Revista Iberoamericana de Tecnología postcosecha.* 9 (1): 34–43.

Mercado, E.; y Aquino, E. N. 2005. Enzimas involucradas en el deterioro de frutos y vegetales cortados. En Gonzalez-Aguilar G, Gardea A. A, Cuamea-Navarro F. (Eds). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos cortados.* Logiprint Digital S. de R.L. de C.V. Guadalajara Jal. México. pp, 177-216.

Montgomery, D. C. 2005. Introduction to statistical quality control. 5 ed. New York, Wiley.

Monzini, A.; Crivelli, C.; Bassi, M.; and Bounocore, C. 1975. Structure of vegetables and modifications due to freezing. *Bull. Inst. Int. Refrig.* 6: 47-50.

Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; and Martín-Belloso, O. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biol Tec.* 50 (1): 87–94.

Quevedo, K.; Villegas, M.; Gonzáles, H.; y Félix, A. 2005. Calidad de nopal verdura mínimamente procesado. Efecto de temperatura e inhibidores del oscurecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 28 (3): 261–270.

Ragaert, P.; Verbeke, W.; Devlieghere, F.; and Debevere, J. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Qual Prefer.* 15 (3): 259–270.

Ramírez, J. D. 2012. Conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis Miller*). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Antioquia, Colombia. 112 p.

Restrepo, J. I. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis Miller*). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Antioquia, Colombia. 83 p.

Román, L.; y Gutiérrez, M. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón. *Terra.* 16 (1):49–54.

Robles, M.; Gorinstein, S.; Martín-Belloso, O.; Astiazarán-García, H.; y Cruz-Valenzuela, G. G. R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Revista Interciencia.* 32 (4): 227–232.

Saftner, R. A.; Conway, W. S.; and Sams, C. E., 1998. Effects of postharvest Ca and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit surface e injury in 'Golden Delicious' apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 123(2): 294–298.

Sothornvit, R.; and Rodsamran, P. 2010. Mango film coated for fresh-cut mango in modified atmosphere packaging. *Int. J. Food Sci. Technol.* 45(8): 1689-1694.

Soto, G.; y Yahia, E. M. 2002. Compuestos antioxidantes y tratamientos poscosecha. *Revista Horticultura.* 160: 48–54.

Talens, P.; Pérez, R.; Fabra, M. J.; Vargas, M.; and Chiralt. 2012. Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit–cereal products. *J Food Eng.* 112(1): 86-93.

Teullado, Ll.; Gonzalez, J.; Morant, B. 2005. Actualidad en fruta de IV Gama. *Revista Horticultura.* 188: 41-52.

Tzoumaki, M.; Biliaderis, C.; and Vasilakakis, M. 2009. Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis, L.*) during cold storage. *Food Chem.* 117(1): 55-63.

Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A.; and González, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biol Tec.* 41(2):164-171.

Wiley, R. 1997. Frutas y Hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza: España. Acribia. p 68-82.

Yaman, O.; and Bayoindirli, L. 2002. Effects of an Edible Coating and Cold Storage on Shelf-life and Quality of Cherries. *Food Sci Technol.* 35(2): 146-150.

Yahia, E. M.; y Ariza, R. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/53/173/53173.pdf> [Fecha revisión: Abril 23 de 2013].

CAPÍTULO 2

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE BARRERAS PARA LA CONSERVACIÓN DE MEZCLAS DE HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

APPLICATION OF BARRIER TECHNOLOGY FOR THE CONSERVATION OF
MINIMALLY PROCESSED VEGETABLES MIXTURES

**Alejandro Escobar Hernández¹; Carlos Julio Márquez Cardozo²; Claudia
Estela Restrepo Florez³ y Luis Jaime Pérez Cordoba⁴**

¹Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín – Facultad de Ciencias Agrarias – Departamento de ingeniería agrícola y alimentos. A.A.1779, Medellín, Colombia. <aescobarhe@hotmail.com>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín – Facultad de Ciencias Agrarias - Departamento de ingeniería agrícola y alimentos. A. A. 1779, Medellín, Colombia. <cjmarque@unal.edu.co>

³ Profesional en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Directora técnica de servicio – Fundación Intal – Medellín. <crestrepo@fundacionintal.org >

⁴Ingeniero en alimentos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Departamento de Engenharia de Alimentos - São Paulo, Brasil. <luchop283@usp.br>

RESUMEN

Los vegetales son componentes esenciales de la dieta humana y su procesamiento trae como consecuencia un rápido deterioro ocasionado por el aumento de las reacciones metabólicas, esto hace necesario que se utilicen tecnologías emergentes de conservación. En este trabajo se estudió el efecto de la tecnología de barreras (desinfección, tratamiento térmico, recubrimiento comestible, atmósfera modificada y refrigeración) sobre la vida útil de una mezcla de vegetales mínimamente procesados compuesta por brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), chayote (*Sechiumedule*), apio (*Apium graveolens*) y zanahoria (*Daucus carota*). Las barreras fueron aplicadas a las hortalizas para luego ser envasadas en dos tipos de bandejas (empaque en atmósfera modificada y empaque en bandeja sello plus). Los vegetales se almacenaron durante 12 días en refrigeración (4°C y 95% HR), se llevaron a cabo, análisis microbiológicos, fisiológicos, físico-químicos, sensoriales, y un estudio de vida útil. Los resultados mostraron que el proceso de desinfección con NaClO 100 ppm y el tratamiento térmico de 60°C durante 2 min, tuvieron efecto en la reducción de la población microbiana para el día cero de evaluación. La calidad general se conservó para los 12 días de almacenamiento, para la zanahoria, chayote, coliflor y apio. La evaluación fisicoquímica y fisiológica presentó diferencias estadísticamente significativas de los parámetros evaluados con respecto al tiempo de almacenamiento. El estudio de vida útil arrojó tiempos para la mezcla de vegetales, de 7 días para la empacada en bandeja sello plus y de 5 días para la empacada en atmósfera modificada. La combinación de barreras se mostró como una alternativa viable en la conservación de mezclas de vegetales mínimamente procesados.

Palabras clave: Tecnologías emergentes, hortalizas, desinfección, tratamiento térmico.

ABSTRACT

The vegetables are essential components of the human diet and processing results in rapid deterioration caused by increased metabolic reactions, this makes it necessary to use emerging technologies of conservation. In this work we studied the effect of barrier technology (disinfection, heat treatment, edible coating, modified atmosphere and cooling) over the life of minimally processed vegetable mixture composed of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L), vegetable pear (*Sechiumedule*), celery (*Apiumgraveolens*) and carrot (*Daucuscarota*). The barriers were applied to vegetables before being packaged in two types of trays (modified atmosphere packaging and packaging in tray seal plus). The vegetables were stored for 12 days under refrigeration (4 °C and 95% HR), were carried out, analysis microbiological, physiological, physico-chemical, sensory, and a study of shelf life. The results showed that the disinfection process NaClO 100 ppm and heat treatment of 60 °C for 2 min had no effect in reducing the microbial population for evaluation on day zero. The overall quality was maintained for the 12 days of storage, for the carrot, vegetable pear, cauliflower and celery. The evaluation physicochemical and physiological presented statistically significantly different of the parameters evaluated with respect to storage time. The study showed shelf life times to vegetable mixture of 7 days for packed in tray seal plus and 5 days for modified atmosphere packaged. The combination of barrier is showed as a viable alternative in preserving minimally processed vegetables mixtures.

Key words: Emerging technologies, vegetables, disinfection, heat treatment.

INTRODUCCIÓN

Los vegetales mínimamente procesados poseen componentes esenciales que representan en la dieta humana beneficios para la salud, además de los nutricionales, algunas de estas sustancias son conocidas como antioxidantes y en general se denominan fitoquímicos. En países como Canadá, EE.UU, Nueva Zelanda y varios estados de la unión Europea se ha prestado un especial interés en el consumo de frutas y hortalizas, recomendando una ingesta diaria de al menos cinco porciones. Estos cambios en el consumo alimenticio han producido la demanda de una gama más amplia de vegetales mínimamente procesados, debido a que dichos productos ayudan a hacer la vida más fácil, permitiendo preparar comidas saludables y agradables, con ahorro de tiempo significativo y con una reducción en la producción de residuos, ya que el consumidor se lleva a casa sólo la parte comestible del producto. Estas tendencias han llevado a la aparición de nuevas presentaciones de los vegetales cuarta gama (mezclas de hortalizas partidas o frutas mínimamente procesadas), en las cuales lo que se busca es complementar nutrientes como las vitaminas, minerales y antioxidantes aportados por los diferentes vegetales que conforman la mezcla (Anonymous, 2007; Santos *et al.*, 2012).

La producción de hortalizas frescas cortadas por lo general requieren para su procesamiento de operaciones tales como limpieza, corte, lavado, secado y envasado (Yildiz, 1994). Dichas transformaciones traen como consecuencia un rápido deterioro de los vegetales, ocasionando el aumento de la tasa de respiración, la transpiración, la actividad enzimática y la proliferación microbiana (Nguyen-the y Carlin, 1994). Esta situación hace que las investigaciones se centren en la aplicación de métodos de conservación como lo son los tratamientos con antioxidantes, aplicación de agentes desinfectantes, envasado en atmósfera modificada, recubrimientos comestibles, tratamientos térmicos y almacenamiento bajo refrigeración, entre otros (Ahn *et al.*, 2005).

El uso exclusivo de tratamientos físicos o químicos generalmente no permite alargar en la forma deseada la vida de los productos mínimamente procesados, por ello la combinación de estos tratamientos con frecuencia suele ser imprescindible para mantener la calidad de frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Artés *et al.*, 1998). La tecnología de barreras implica la utilización de diferentes técnicas de conservación, dentro de las que sobresalen, el uso de desinfectantes, tratamientos térmicos, aditivos químicos, empaques en atmósferas modificadas, almacenamiento a bajas temperaturas, entre otros, esto con el fin de reducir el uso intensivo de una técnica

de conservación y de esta forma producir un menor impacto en las características sensoriales y nutricionales del alimento, La reacción positiva a uno o varios tratamientos depende de la matriz vegetal que se esté empleando, siendo necesario realizar estudios que permitan identificar cual es la secuencia de tratamientos necesaria para obtener un efecto sinérgico y de esta forma producir un efecto de barrera que permita prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Leistner y Gould, 2002; Artés y Allende, 2005; Hun y Cennadios, 2005; Bico *et al.*, 2009; Denoya y Ardanaz, 2012).

La tecnología de barreras, combinando tratamientos térmicos, atmósferas modificadas y almacenamiento refrigerado, ha sido utilizada para la conservación de pimientos (*Capsicum annuum*), prolongando la vida del vegetal hasta 18 días a 8 ± 1 °C (Horvitz y Cantalejo, 2013). En frijol (*Phaseolus vulgaris*) se utilizó un tratamiento combinado consistente en un baño químico con ácido cítrico, radiación gamma y empaque en atmósferas modificadas prolongando la vida útil del vegetal por una semana, las características sensoriales del producto fueron aceptables (Gupta *et al.*, 2012).

La importancia de los modelos para estimar la vida útil de los vegetales mínimamente procesados radica en el hecho que proporcionan vías objetivas para medir la calidad y determinar los límites de uso del alimento siempre y cuando se fundamente en el conocimiento de los mecanismos de deterioro, como la estimación del parámetro característico de deterioro por ejemplo carga microbiana, o algún atributo sensorial y así estimar la vida útil mediante un modelo estadístico adecuado (Salinas *et al.*, 2007; Ocampo, 2003).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la aplicación de la tecnología de barreras, involucrando desinfección, tratamiento térmico, recubrimiento comestible, atmósferas modificadas y almacenamiento refrigerado sobre la conservación de una mezcla de vegetales mínimamente procesados compuesta por brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), zucchini (*Cucurbita pepo* L), chayote (*Sechiumedule*), apio (*Apium graveolens*) y zanahoria (*Daucus carota*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. El material vegetal fue adquirido en la central de abastos y abarrotes para mayoristas y minoristas del Departamento de Antioquia. Se utilizaron seis tipos de hortalizas: brócoli, coliflor, zucchini, chayote, zanahoria y apio. Los vegetales considerados para el estudio correspondieron a las hortalizas de gran uso agroindustrial y aceptación masiva por parte de los consumidores en la región, para la elaboración de ensaladas crudas comerciales denominadas “Wok”. La investigación fue desarrollada en los laboratorios de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y de la Fundación Intal.

Preparación de la solución para la aplicación del tratamiento térmico. Para la preparación de la solución se utilizó agua destilada en la cual se disolvió cloruro de calcio (0,025%), ácido cítrico (0,5%) y ácido ascórbico (0,25%). Luego se llevó la solución a un baño maría termostatzado marca Memmert® modelo WNE 14 (United States), donde se calentó hasta 60°C y se mantuvo así durante 30 min. Para la posterior inmersión de los vegetales, adaptado de Ahn *et al.*, (2005).

Elaboración del recubrimiento comestible. Se utilizó como matriz principal pectina de bajo metoxilo (2%), glicerol (1,5%) como plastificante, cera de carnauba (1%) como barrera al vapor de agua (Restrepo, 2009), ácido ascórbico (0,05%) como antioxidante y agua destilada. Los componentes se disolvieron en el agua destilada a una temperatura de 70°C con agitación magnética a 700 rpm en una placa calefactora marca IKA® modelo RCT BS1 (China), la solución se sometió a esta operación durante 15 min hasta quedar completamente homogénea. El recubrimiento comestible fue almacenado en refrigeración a 8°C hasta el momento de su aplicación, adaptado de Márquez *et al.*, (2009).

Procedimiento experimental. Se seleccionaron los vegetales con base a la similitud de forma, tamaño y ausencia de daños externos. Los vegetales se lavaron y desinfectaron mediante inmersión en una solución con hipoclorito de sodio (NaClO) de 100 ppm de concentración, durante cinco minutos. Después de ser desinfectadas las hortalizas se procedió al corte, el cual fue realizado de forma manual. Posteriormente se siguió con la aplicación del tratamiento térmico para brócoli, coliflor, zucchini, chayote y zanahoria y el empleo del recubrimiento comestible para el apio. Los vegetales a los cuales se les aplicó el tratamiento térmico se mantuvieron inmersos en agua durante 2 minutos a una temperatura de 60°C con la ayuda de un baño termostatzado. Luego los vegetales fueron sometidos a un choque térmico con agua a 4°C durante 2 minutos. El tratamiento térmico fue aplicado de forma independiente para cada grupo de vegetales. Las hortalizas se llevaron a un proceso de drenado y secado con la ayuda de circulación forzada de aire proporcionado con un ventilador marca Samurai® con un caudal de 140 m³/min y a 16°C ± 2°C, este proceso se realizó durante una hora, logrando minimizar el agua que se depositaba en la superficie de los vegetales. Con respecto al apio mínimamente procesado, este se llevó a un proceso de inmersión en el recubrimiento comestible durante dos minutos, luego el recubrimiento se secó con la ayuda de circulación forzada de aire proporcionado con un ventilador marca Samurai® con un caudal de 140 m³/min y a 16°C ± 2°C, adaptado de Brasil *et al.*, (2012).

Posterior a la aplicación de los tratamientos se realizó el proceso de llenado y pesado de las bandejas (bandeja PET tipo laminada con película de tapa de BOPP/LDPE 54 µ y 400 mL y bandeja de PET tipo cartera de 470 mL), en ambas bandejas se depositaron 200 g de la mezcla de vegetales, cortados en julianas de aproximadamente 6 cm de largo por 1 cm de ancho y 1 cm de espesor, excepto el apio que se cortó en trozos de 3 cm de longitud, la coliflor y el brócoli se dispusieron en flores de volúmenes similares a

esferas de 2 a 3 cm de diámetro, la distribución para ambas bandejas fue de; 20% brócoli; 20% chayote; 20% zucchini; 20% zanahoria; 15% coliflor y 5% apio.

La bandeja de PET tipo laminada con película de tapa de BOPP/LDPE 54 μ de 400 mL, se llevó a la inyección de la mezcla de gases correspondiente a 5% de O₂, 5% de CO₂ y 90 % de N₂, utilizando un equipo sellador marca Band® modelo ET-95M de fabricación de Taiwán, a este tratamiento se le denominó empaque en atmósfera modificada (EAM), la otra bandeja de PET tipo cartera de 470 mL, no se le inyectó ningún gas y se selló con aire ambiente normal de composición aproximada de; 21% de O₂, 0,04% de CO₂, 78% de N₂ y 0,96 % de otros gases, este tratamiento fue denominado empaque en bandeja sello plus (EBSP). Para finalizar las muestras fueron almacenadas durante 12 días a una temperatura de 4°C \pm 2 y de 95% \pm 3% de humedad relativa, para hacer los análisis físico-químicos, sensoriales y microbiológicos.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño parcialmente escalonado, compuesto por 3 lotes los cuales equivalían a las tres replicas, donde el número de unidades experimentales fue el mismo para cada lote. Para el análisis de las variables de respuesta se utilizó una unidad experimental tanto para el tratamiento en empaque en atmósfera modificada (EAM) como para el tratamiento de empaque en bandeja sello plus (EBSP).

Procedimiento para el muestreo. El total de unidades experimentales fue de 42. Se establecieron 5 tiempos de muestreo correspondientes a los días 0, 3, 6, 9 y 12, para los dos tratamientos experimentales (EAM) y (EBSP), en los cuales se midieron las variables respuesta, tasa de producción de CO₂, pérdida fisiológica de peso, pH, calidad general y vida útil. La determinación de la calidad microbiológica se evaluó para el día 0 y 12, con 12 unidades experimentales, 6 con (EAM) y 6 con (EBSP), se analizaron 3 unidades experimentales por cada tratamiento, para cada día de experimentación

Calidad microbiológica. Para la ejecución de los recuentos microbianos (mohos y levaduras, aerobios mesófilos, *Escherichia Coli* y *Salmonella spp*). Métodos adaptados de las Normas Técnicas Colombianas; NTC 4899, 2001; NTC 4574, 2007 y NTC 5698-1, 2009.

Calidad sensorial. Para determinar la calidad sensorial, se seleccionó el descriptor calidad general, basado en el color, el aroma, la textura bucal y el sabor para los vegetales, se calificó en una escala lineal continua no estructurada de 10 cm de longitud y de intensidad creciente de un extremo a otro, donde 1 es la menor calidad general y 10 es la mayor calidad sensorial. Se utilizó un panel sensorial compuesto por 7 jueces entrenados, seleccionados por sus conocimientos en las características sensoriales de hortalizas mínimamente procesadas. En la evaluación sensorial también se determinó la aceptación o rechazo de la muestra (Anzaldúa, 1994; Restrepo, 1995).

Determinación de la tasa de respiración, pérdida fisiológica de peso y pH. La tasa de respiración fue medida a partir de la evaluación del porcentaje de CO₂ mediante la inserción del sensor directamente en el espacio de cabeza de las bandejas, el instrumento utilizado fue un medidor de gases marca PBI Dansensor®, con sensibilidad de 0,1% para CO₂ (Rico *et al.*, 2007). Para la medición de la pérdida fisiológica de peso se utilizó el método gravimétrico, empleando una balanza analítica de precisión 0,0001 g marca Ohaus® (Flores, 2000). El pH se determinó usando un medidor de pH Hanna 21®, sumergiendo los electrodos en la muestra después de la calibración con soluciones tampón de 4 y 7 a 25 °C (AOAC, 981.12).

Análisis de datos. Los datos por triplicado de los resultados obtenidos de los diferentes evaluaciones, se analizaron por el método de estadística descriptiva correspondiente al análisis de varianza (ANOVA), tanto para las variables respuesta y la vida útil de las mezclas de hortalizas mínimamente procesadas además se utilizó el método LSD (mínimas diferencias significativas) para las comparaciones de las medias, con un nivel de significancia del 95% (Montgomery, 2005).

Vida útil. La estimación del tiempo de vida útil para la mezcla de vegetales mínimamente procesados, se realizó por el método de análisis Weibull. El criterio de fallo de las muestras se determinó según el número mínimo significativo de juicios de rechazo emitidos por los jueces siguiendo la distribución binomial con $p=0,1$ (García *et al.*, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad microbiológica. El análisis de varianza no mostró efectos estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95%, sobre el crecimiento de los microorganismos evaluados con respecto al tipo de bandejas utilizadas para la mezcla de vegetales mínimamente procesados, ni a la composición gaseosa del ambiente interno de las mezclas (EAM) y (EBSP), ya que todos los microorganismos presentaron un comportamiento similar en el crecimiento durante el tiempo de evaluación de 12 días.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros microbiológicos que tuvieron diferencia estadísticamente significativa en su crecimiento durante el tiempo de almacenamiento a temperatura de 4 °C, las concentraciones de microorganismos encontradas fueron menores a las de los vegetales sin procesar, que de acuerdo a estudios preliminares presentaron cargas microbianas de $5,7 \log \text{ UFC g}^{-1}$ en aerobios mesófilos y de $4,0 \log \text{ UFC g}^{-1}$ para levaduras, por lo tanto se puede apreciar una reducción en alrededor de una unidad logarítmica de las UFC g^{-1} de la población inicial de microorganismos

alterantes (aerobios mesófilos y levaduras), esto probablemente debido al efecto simultáneo de barrera de los tratamientos previos utilizados (desinfección, recubrimiento comestible y tratamiento térmico).

Resultados similares fueron encontrados por Luna-Guzmán y Barret (2000) quienes mediante la aplicación de un tratamiento térmico en muestras de melón mínimamente procesado lograron disminuir la población de aerobios mesófilos dos unidades logarítmicas y en levaduras una unidad logarítmica.

Para el día 12 de almacenamiento el recuento de aerobios mesófilos y levaduras presentó un crecimiento significativo con respecto al día cero, este incremento probablemente puede ser atribuido a que algunos microorganismos aerobios mesófilos y levaduras tienen la capacidad de crecer a temperaturas de refrigeración de $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Las razones que explican este comportamiento, se podrían atribuir a condiciones genotípicas de los microorganismos, por ejemplo, la mayoría de la flora de tipo mesófilo puede también ser psicrótrofo, es decir que pueden desarrollarse a temperaturas de refrigeración, como así también un buen número de estos microorganismos podría comportarse como aerobios/anaerobios facultativos, motivo por el cual, el usar atmósferas modificadas, no asegura un ambiente estrictamente restrictivo para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos, lo anterior debido a que los vegetales fueron procesados inicialmente con buenas prácticas de manufactura y debido a los cierres herméticos de ambos empaques no se considera probable contaminación de los vegetales posterior al procesamiento (Rodríguez *et al.*, 2006; Camacho *et al.*, 2001).

Los demás microorganismos (mohos, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*) no se detectaron en ninguna de las muestras para ambos días de análisis (0 y 12) y por lo tanto no representaron cambios en la alteración de la calidad de la mezcla de vegetales mínimamente procesados (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios en la población microbiana (log UFC. g^{-1}) de la mezcla de vegetales mínimamente procesados, almacenada durante 12 días a 4°C y 95% de HR.

Tiempo	Aerobios mesófilos		Mohos		Levaduras		<i>Escherichia Coli</i> (NMP)		<i>Salmonella spp</i>	
	Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamientos		Tratamientos	
	EAM	EBSP	EAM	EBSP	EAM	EBSP	EAM	EBSP	EAM	EBSP
0	4,60(0,09) a	4,0(0,6) a	1	1	2,7 (0,3) a	2,9 (0,1) a	<3	<3	Ausente	Ausente
12	5,5(0,1) b	5,71(0,07) b	1	1	4,6 (0,5) b	4,9 (0,5) b	<3	<3	Ausente	Ausente

Media (Desviación estándar); letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

EAM= Bandeja termoformada con aplicación de atmósfera modificada y sellada con film BOPP/LDPE de 54 μ .

EBSP= Empaque en Bandeja Sello Plus termoformada de PET tipo cartera.

La Figura 1 presenta los resultados de la bandeja PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE inyectada con gases (EAM) y de la bandeja PET tipo cartera Sello Plus (EBSP), para las evaluaciones; Determinación de la producción de CO_2 (A), Pérdida fisiológica de peso (B), pH (C) y Calidad sensorial general (D) para la mezcla de vegetales mínimamente procesados almacenados a 4 °C.

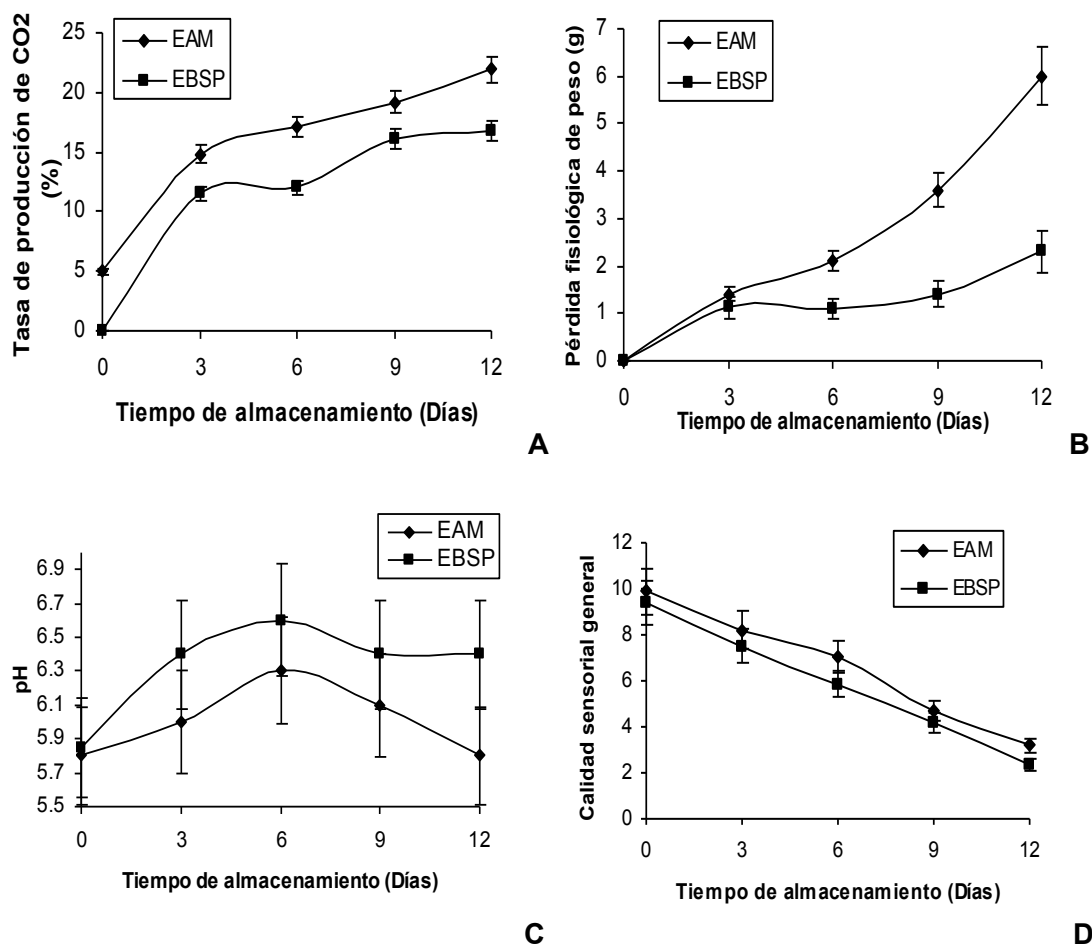


Figura 1. Resultados de la bandeja PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE inyectada con gases (EAM ▲), y de la bandeja PET tipo cartera Sello Plus (EBSP ■), para las evaluaciones; Determinación de la producción de CO_2 (A), Pérdida fisiológica de peso (B), pH (C) y Calidad sensorial general (D), para la mezcla de vegetales mínimamente procesados almacenados a 4 °C y 95% de HR durante 12 días. Los símbolos representan la media y las barras verticales el porcentaje de error de $\pm 5\%$, para $n=6$.

Tasa de respiración, pérdida fisiológica de peso y pH. En la Figura 1A y 1B se puede apreciar que la tasa de producción de CO₂ y la pérdida fisiológica de peso, presentaron diferencia significativa, especialmente para los días 6, 9 y 12, lo anterior probablemente atribuido a la acumulación de gases debido principalmente a la poca permeabilidad del material película de BOPP/LDPE 54 μ del (EAM), evitando el intercambio gaseoso e inhibiendo que se genere un equilibrio entre la mezcla de vegetales mínimamente procesados y la atmósfera exterior, de igual forma la mayor permeabilidad del empaque termoformado sello plus (EBSP), probablemente hace que se presente el mismo fenómeno pero en menor escala mostrando un equilibrio más balanceado entre los vegetales y el ambiente exterior haciendo que las tasas de producción de CO₂ sean inferiores, al igual que la pérdida fisiológica de peso con respecto al (EAM) (Vargas *et al.*, 2010; Welti-Chanes *et al.*, 2005; Kader, 1992).

Los resultados en los tratamientos aplicados concuerdan con los reportados por García (2008) quien con el uso de bajas temperaturas y de una alta humedad relativa logro controlar el déficit de vapor de agua y la alta tasa metabólica de los vegetales mínimamente procesados, también indicó que si ambas condiciones no se lograban mantener estables en el tiempo, se podía presentar una pérdida fisiológica de peso constante del materia vegetal durante su periodo de almacenamiento. Este efecto de la pérdida de peso y volátiles está relacionado directamente con la transpiración de agua, debido a la degradación de membranas celulares que provocan una descompartimentación de las moléculas, facilitando el contacto de enzimas y sustratos, lo cual desencadena este tipo de eventos, a la vez de la acumulación de metabolitos secundarios (Portela y Cantwell, 2001), lo anterior se manifiesta en el vegetal mediante el cambio en su apariencia y especialmente en la textura provocando una menor firmeza del mismo (Artés *et al.*, 2007). Resultados similares han reportado otros investigadores quienes encontraron el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la pérdida fisiológica de peso para una mezcla de vegetales mínimamente procesados (Rotondo *et al.*, 2007).

La Figura 1C muestra el cambio del pH en el tiempo de almacenamiento para los vegetales mínimamente procesados, variable que no presentó diferencia estadísticamente significativa, no obstante para el día seis se puede apreciar que en ambos tipos de empaques (EAM y EBSP) hubo un leve incremento del pH, para después decrecer hasta alcanzar valores similares a los del día cero. Resultados semejantes fueron reportados por otros investigadores quienes realizaron un tratamiento térmico a 100°C durante 45 segundos a zanahorias mínimamente procesadas, encontrando que el aumento en el pH se debía al incremento de la población microbiana de algunas especies de microorganismos que contribuían a ese fenómeno durante el almacenamiento de los vegetales mínimamente procesados (Alegria *et al.*, 2010). Por otra parte el descenso del pH al final del periodo de almacenamiento probablemente se

debe a la alta concentración del gas CO₂ que provoca una disminución del pH tanto extra como intracelular, interfiriendo con el metabolismo de las células (Dixon y Kell, 1989). Hess *et al.* (1993) encontraron una disminución del pH de 6.9 a 6.3 en discos de aguacate como respuesta a la alta concentración de CO₂.

La Figura 1D muestra los resultados de la calidad sensorial general de la mezcla de vegetales mínimamente procesados envasada en bandeja de PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE (EAM) y en bandeja de PET tipo cartera Sello Plus (EBSP) y almacenadas a 4°C durante 12 días, el ANAVA del descriptor sensorial calidad general para la mezcla de vegetales mínimamente procesados no presentó diferencias significativas con respecto al factor tipo de empaque, exceptuando para el día 12 de almacenamiento, siendo menor el deterioro el de los vegetales empacados en (EBSP), sin embargo si se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) de la pérdida de la calidad general durante el tiempo de almacenamiento, mostrando tener una tendencia hacia el deterioro de las características sensoriales, apariencia, color, aroma y sabor que fueron analizadas individualmente, para poder emitir el juicio sobre la calidad general del producto, en particular los panelistas encontraron que la disminución de la calidad general en el tiempo de almacenamiento estaba relacionada con parámetros como la pérdida de la firmeza encontrada como textura bucal de vegetales como brócoli y zucchini, además de la presencia de olores desagradables atribuidos el algún caso al brócoli y a la probable presenciade etanol, acetaldehído u otros compuestos orgánicos objetables en el producto. La pérdida de la textura en los vegetales es probable que esté relacionada con la perdida fisiológica de peso (Figura 1B), mientras que la aparición de olores desagradables se debe posiblemente a la presencia de compuestos característicos del deterioro de los vegetales cómo glucosinolatos del brócoli cuando este es procesado (Eylen *et al.*, 2008). Las características sensoriales color, y sabor presentaron menor afectación sensorial durante los 12 días de almacenamiento. De igual forma los vegetales mínimamente procesados como zanahoria, chayote, coliflor y el apio fueron menos afectados en su calidad general durante el tiempo de almacenamiento.

Para la estimación de la vida útil se utilizó el análisis Weibull a partir de la determinación de los tiempos de fallo para cada muestra de la mezcla de vegetales mínimamente procesados, establecidos por la evaluación de la calidad general sensorial expresada como aceptación/rechazo. Los parámetros estimados de la distribución y la prueba de bondad de ajuste, indicaron que para ambas bandejas los datos se ajustaron adecuadamente a dicha distribución, aceptando que el tiempo de vida útil proviene de una distribución Weibull con 95% de confianza. La Tabla 2, muestra que admitiendo un 5% de unidades deterioradas, para la mezcla de vegetales mínimamente procesados envasada en la bandeja de PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE (EAM) y almacenados a 4 °C, la vida útil puede establecerse en 5 días, mientras que para la mezcla de vegetales mínimamente procesados envasada en bandeja PET tipo cartera (EBSP) y almacenados a 4 °C, puede establecerse para 7 días (ver Tabla 2).

Tabla 2. Valores críticos para tiempo de almacenamiento de la mezcla de vegetales mínimamente procesados envasada en bandeja de PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE (EAM) y en bandeja PET tipo cartera Sello Plus (EBSP) a 4 °C.

EAM		EBSP	
% De unidades deterioradas	Tiempo de vida útil (días)	% De unidades deterioradas	Tiempo de vida útil (días)
1	4,00	1	5,92
5	5,70	5	7,39
10	6,67	10	8,16
50	10,04	50	10,55
90	13,04	90	12,43

Unificando los resultados de las variables de mayor impacto sobre la vida útil de los vegetales mínimamente procesados envasados en PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE (EAM) y bandejas de PET tipo cartera Sello Plus (EBSP) almacenadas a 4 °C, se aprecia en la Figura 1D que la calidad sensorial general muestra una tendencia a disminuir durante el tiempo de almacenamiento, lo que se refleja en la aceptación/rechazo de la muestra durante el seguimiento de evaluación.

Por otra parte, se encontró relación en ambos tipos de empaque del parámetro fisiológico tasa de producción de CO₂ y la calidad sensorial general con el análisis de Weibull, donde los gráficos de interacciones de Fisher LSD para la producción de CO₂ y para el descriptor calidad sensorial general mostraron ambos una tendencia a sobrepasar el límite próximo a la aparición de reacciones de deterioro (porcentaje de CO₂ en el espacio de cabeza dentro de las bandejas superior a 10 % y evaluación del descriptor calidad general inferior a 5 cm), valor en el cual las muestras fueron rechazadas por el panel sensorial entre los días 5 y 7 indicando una correlación con los resultados de vida útil reportado por el análisis probabilístico de Weibull que fue de 5 días para la bandeja de PET laminada con película de tapa de BOPP/LDPE (EAM) y de 7 días para la bandeja de PET tipo cartera Sello Plus (EBSP), por lo tanto el tipo de empaque y el tratamiento de atmósferas modificadas y el empaque con aire, influyen significativamente en la vida útil de los vegetales mínimamente procesados.

Para la estimación de vida útil se consideró básicamente el concepto emitido por los jueces encargados de la evaluación sensorial, donde en la apariencia general y crujencia

de los vegetales influyó de manera importante la pérdida fisiológica de peso, la cual probablemente contribuyó a la plasmólisis de las células vegetales de las hortalizas, que a su vez pudo haber afectado la calidad general, propiciando la consecuente calificación de deterioro de las unidades, aspecto que igualmente está relacionado con la intensidad respiratoria que desencadena todas las reacciones de disminución de la calidad, típicas de los alimentos tipo hortalizas mínimamente procesadas.

CONCLUSIONES

La tecnología de barreras para la conservación de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas empacadas en bandeja Sello Plus (EBSP), basada en la aplicación combinada de desinfección, tratamiento térmico para vegetales como (brócoli, coliflor, zucchini, chayote y zanahoria), recubrimiento comestible para (apio), y refrigeración, favorecieron la calidad fisiológica, fisicoquímica y sensorial de los vegetales permitiendo establecer una vida útil de 7 días.

Con el empaque en bandeja de PET tipo laminada con película de tapa de BOPP/LDPE 54 μ de 400 mL en atmósferas modificadas (EAM) se logró alcanzar una vida útil de 5 días para las mezclas vegetales de hortalizas mínimamente procesadas.

La tasa de producción de CO₂ fue mayor en las mezclas vegetales con el empaque en atmósferas modificadas (EAM), lo cual influyó en la mayor pérdida fisiológica de peso y por lo tanto en la menor vida útil.

El crecimiento de la población microbiana en las mezclas vegetales mínimamente procesadas, disminuyó el tiempo de vida útil de las mismas con el consecuente decrecimiento de la calidad general.

El pH no presentó variación de interés para las mezclas vegetales mínimamente procesadas, permaneciendo relativamente constante para el periodo de experimentación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al convenio 290/2011 celebrado entre la Fundación INTAL y COLCIENCIAS por el financiamiento de las actividades de esta investigación. A la Organización ALICO por la proveeduría de materiales y empaques, a la empresa Alimentos Coma sano y a la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

BIBLIOGRAFIA

Ahn, H. J., J. FIM, J. Dim., D. FIM, H. S. Yook and M. W. Byun. 2005. Combined effects of irradiation and modified atmosphere packaging on minimally processed Chinese cabbage (*Brassica rapa L.*). Food Chemistry 89(4): 589 - 597.

Alegria, C., J. Pinheiro, E.M. Gonçalves, I. Fernandes, M. Moldão and M. Abreu. 2010. Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot. Innovative Food Science & Emerging Technologies 11(1): 155–161.

Anonymous. 2007. Fresh-cut. The sector takes off in a big way but there is still a long road ahead. En: <http://www.fruittoday.com/articulos.php?id=1184161180215227&idioma=E>; consulta: Abril 2013.

Anzaldúa, M.A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: España. Acribia. 198 p.

A.O.A.C. International Official Methods of Analysis of Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) International. 15th edition. Virginia, USA: Helrich, K(Ed) 1990.

Artés, F., M. Castañer, and M. I. Gil. 1998. Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. Food Science and Technology International. 4(6): 377-389.

Artés, F. and A. Allende. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. Emerging technologies for food processing: 677 – 716.

Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo, V. Escalona. y F. Artés. 2007. Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. Phytoma 189: 124-130.

Bico, S. L. S., M. F. J. Raposo, R. M. S. C. Morais and M. M. B. Morais. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. Food Control 20(5): 508–514.

Brasil, I. M., C. Gomes, A. Puerta, M. E. Castell and R. G. Moreira. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. Food Science and Technology 47 (1): 39-45.

Camacho, C., B. Alfonso, L. Ortiz, D. Bertorelli y F. D. Venanzi. 2001. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas

refrigeradas de híbridos de maíz súper dulce. Archivos latinoamericanos de nutrición 51: 180–186.

Denoya, G. y M. Ardanaz. 2012. Aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. Revista de Investigaciones Agropecuarias 38(3): 263–267.

Dixon, N. M and D. B. Kell. 1989. The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms. Journal of Applied Bacteriology 67(2): 109-136.

Eylen, D. V., I. Oey, M. Hendrickx and A. V. Loey. 2008. Effects of pressure/temperature treatments on stability and activity of endogenous broccoli (*Brassica oleracea* L. cv. Italica) myrosinase and on cell permeability. Journal of Food Engineering 89(2): 178–186.

Flores, A. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y Recomendaciones. Editorial UNELLEZ. San Carlos - Cojedes. 320 p.

García, A. D. 2008. Aplicación de la técnica IV Gama para la elaboración de ensaladas. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 61(2): 4658 - 4666.

García, C., K. Cury y S. Dussan. 2010. Evaluación poscosecha y estimación de vida útil de guayaba fresca utilizando el modelo de Weibull. Acta agronómica 59 (3): 347-355.

Gupta, S., S. Chatterjee, J. Vaishnav, V. Kumar, P. Variyar and A. Sharma. 2012. Hurdle technology for shelf stable minimally processed French beans (*Phaseolus vulgaris*): A response surface methodology approach. Food Science and Technology 48 (2): 182 – 189.

Hess, B., D. Ke and A. Kader. 1993. Changes in intracellular pH, ATP, and glycolytic enzymes in Hass avocado in response to low O₂ and high CO₂ stresses. En cProc. 7th Intl. Controlled Atmosphere Research Conf. Cornell University Ithaca, New York. NRAES. 1(71): pp. 1-9.

Horvitz, S. and M. Cantalejo. 2013. Development of a new fresh-like product from 'Lamuyo' red bell peppers using hurdle technology. Food Science and Technology 50 (1): 357-360.

Hun, J. H. and A. Cennadios. 2005. Edible films and coatings: a review. Innovations in Food Packaging: 240–262.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Colombiana NTC, 5698-1, 2009. 11 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Colombiana NTC, 4574, 2007. 33 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica Colombiana NTC, 4899, 2001. 21 p.

Kader, A. 1992. Atmósferas modificadas durante el transporte y almacenamiento de frutas y hortalizas frescas. Alimentación, equipos y tecnología (5): 94-102.

Leistner L. and G. W. Gould. 2002. Hurdle technologies: Combination Treatments for food stability, safety and quality. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Luna-Guzmán, I. and D. M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biology and Technology 19(1): 61–72.

Márquez C., Cartagena R. y Pérez-Gago B. 2009. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. 16(3): 304-310.

Montgomery, D. C. 2005. Introduction to statistical quality control. 5 ed. New York, Wiley.

Nguyen-the, C. and F. Carlin. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 34(4): 371-401.

Ocampo, J. 2003. Determinación de la vida de anaquel del café soluble elaborado por la empresa de Café S.A. y evaluación del tipo de empaque en la conservación del producto. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia. Manizales.

Portela, S. and M. Cantwell. 2001. Cutting Blade Sharpness Affects Appearance and Other Quality Attributes of Fresh-cut Cantaloupe Melon. Journal of food science 66(9): 1265–1270.

Restrepo, M.F. 1995. Evaluación sensorial de los alimentos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 152 p.

Restrepo, J. I. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de revestimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Tesis magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 83 p.

Rico, D., A. Martín, C. Barry, J. Frías, G. Henehan and J. Barat. 2007. Optimization of steamer jet-injection to extend the shelf life of fresh-cut lettuce. *Postharvest Biology and Technology*. 48(2008): 431-442.

Rodríguez, C., Q. Guzmán, C. Casóliba y M. Coronel. 2006. Calidad microbiológica de vegetales mínimamente procesados. Experiencias en el noroeste Argentino. *Revista del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (UNSE)* 22: 99-106.

Rotondo, R., I. Firpo, F. Drincovich, J. Ferratto y G. Polenta. 2007. Efecto de la temperatura y distintos envases sobre la calidad de pimiento (*Capsicum annum* L.) solo o mezclado con cebolla de verdeo (*Allium schoenoprasum* L.) mínimamente procesados. *Información Técnica Económica Agraria* 103 (2): 95 - 103.

Santos, M. I., A. Cavaco, J. Gouveia, M. R. Novais, P. J. Nogueira, L. Pedroso and M. A. S. S. Ferreira. 2012. Evaluation of minimally processed salads commercialized in Portugal. *Food Control* 23(1): 275–281.

Salinas, R., G. González, M. Pirovani, y F. Uñin. 2007. Modelación del deterioro de productos frescos cortados Redalyc. 23(2):183 - 196.

Vargas, L., J. Tamayo, A. Centurión, E. Tamayo, S. Cresenciano and S. Enrique. 2010. Vida útil de de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. *Revista Iberoamericana de Tecnología postcosecha* 11: 154–161.

Welti-Chanes, F., J. Vergara-Balderas, R. Guerrero-Beltrán, T. García y R. Villa-Rojas. 2005. Métodos, criterios y modelación para la selección de películas plásticas en atmósferas modificadas. Segundo Simposio Internacional de Innovación y Desarrollo de Alimentos. pp. 1–48.

Yildiz, F. 1994. Initial preparation, handling and distribution of minimally processed refrigerated fruits and vegetable. pp. 15-65. In R. C. Wiley (Ed.). Chapman and Hall, New York.

CONCLUSIONES

El Tratamiento térmico de 2 minutos a 60°C, es una barrera que combinada con compuestos activos, mostró ser una alternativa viable en la conservación de los vegetales mínimamente procesados, presentando efecto significativo sobre la reducción de la velocidad de respiración y sobre la disminución de la carga microbiana inicial, además de conferir a los vegetales Zucchini, chayote, apio y zanahoria, características de calidad sensorial ideal.

El recubrimiento comestible cuya matriz principal fue pectina de bajo metoxilo, redujo significativamente la velocidad de respiración en zanahoria mínimamente procesada además de conferirle una excelente calidad sensorial durante el tiempo de almacenamiento, de igual forma en el apio a pesar de que no se redujo su intensidad respiratoria, el recubrimiento si permitió conservar los descriptores sensoriales evaluados durante el tiempo de almacenamiento.

La combinación de las barreras desinfección con hipoclorito de sodio y tratamiento térmico a 60°C por 2 minutos permitió reducir significativamente la población de microorganismos alterantes (aerobios mesófilos y levaduras) de la mezcla de vegetales mínimamente procesados, mostrando ser una alternativa para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas.

La combinación de barreras desinfección, tratamiento térmico, recubrimiento comestible y almacenamiento a 4°C, permitió obtener un tiempo de vida útil de 7 días para la mezcla de vegetales mínimamente procesados envasada en bandeja de PET tipo cartera sello plus (EBSP).

Con el empaque en bandeja de PET tipo laminada con película de tapa de BOPP/LDPE 54 μ de 400 mL en atmósferas modificadas (EAM) se logró alcanzar una vida útil de 5 días para las mezclas vegetales de hortalizas mínimamente procesadas.

La tasa de producción de CO₂ fue mayor en las mezclas vegetales con el empaque en atmósferas modificadas (EAM), lo cual influyo en la mayor pérdida fisiológica de peso y por lo tanto en la menor vida útil, lo cual se pudo comprobar con la disminución de la calidad general.

El crecimiento de la población microbiana en las mezclas vegetales mínimamente procesadas, disminuyó el tiempo de vida útil de las mismas con el consecuente decrecimiento de la calidad general.

RECOMENDACIONES

Se sugiere investigar sobre la acción de la enzima mirosinasa en brócoli y coliflor, con el fin de identificar y establecer procesos que permitan su inactivación ya sea por la aplicación de tratamientos térmicos o por la adición de soluciones tampón. Se podría buscar como alternativa de medición de la actividad de la enzima utilizar métodos como la cromatografía de gases, para determinar cómo es el comportamiento de los compuestos liberados por su acción (glucosinolatos) cuando es aplicado un tratamiento, esto con el propósito de minimizar la pérdida de la calidad sensorial en dichos vegetales cuando son procesados.

Para la aplicación de recubrimientos comestibles en vegetales mínimamente procesados se recomienda establecer una cobertura en especial por cada tipo de vegetal, debido a que no es recomendable utilizar un recubrimiento universal para todos los vegetales pues la mayoría de los vegetales reaccionan de forma diferente, además el proceso de impregnación en la superficie es diferente para cada matriz vegetal. También se recomienda la utilización de otros métodos de aplicación (aspersión) de los recubrimientos comestibles que permitan la homogeneidad de este en la superficie del vegetal. De igual forma es importante incrementar los estudios de la aplicación de recubrimientos comestibles en hortalizas mínimamente procesadas y sin procesar, ya que la mayoría de los estudios se ha enfocado en el desarrollo de recubrimientos comestibles para alargar la vida útil de frutas frescas y procesadas.

Para la utilización de atmósferas modificadas en mezclas de vegetales mínimamente procesados envasados en bandejas termoformadas, se sugiere además de establecer la mezcla de gases ideal utilizar películas de tapa microperforados (con alta permeabilidad a los gases), debido a que los vegetales al estar procesados y mezclados aceleran notablemente sus procesos de respiración. Con la utilización de dichas películas se lograría generar un mayor equilibrio entre la mezcla de vegetales y la atmósfera.

En el proceso de desinfección de los vegetales se recomienda utilizar desinfectantes más potentes sobre aerobios mesófilos y levaduras, esto debido a que los desinfectantes de uso común no tienen un efecto significativo en su reducción, además es de aclarar que los vegetales vienen con cargas microbianas muy altas debido a las inadecuadas prácticas pre cosecha y post cosecha. Igualmente se recomienda el uso de nuevas tecnologías de desinfección que afecten en menor medida tanto a las personas involucradas en los procesos de desinfección como a los mismos consumidores, ya que se han encontrado diversos problemas asociados al uso de desinfectantes que pueden generar residuos parcialmente tóxicos. Dentro de estas tecnologías emergentes de desinfección cabe destacar el uso del ozono y del agua electrolizada neutra (AEN) y ácida (AEA).

Para la conformación de la mezcla de hortalizas mínimamente procesadas se recomienda disminuir la cantidad de brócoli y coliflor, los cuales son vegetales que además de presentar una alta tasa respiratoria son afectados también por la acción de la enzima mirosinasa (liberación de malos olores). Lo que ocasiona una pérdida de la calidad sensorial de la mezcla de vegetales y por ende acorta su vida útil. Lo ideal sería disminuir la proporción de estos vegetales (brócoli y coliflor) y reemplazar esta cantidad por vegetales cuya velocidad de deterioro sea menor, como lo es para el caso del apio, zucchini y chayote.

Es importante ampliar las investigaciones que se centren en estudiar la actividad de las enzimas (fosfofructoquinasa, piruvato quinasa, ACC-Oxidasa y ACC-Sintasa) involucradas en los procesos respiratorios y en la síntesis del etileno, especialmente cuando se aplican tratamientos térmicos en los vegetales mínimamente procesados.

Es fundamental establecer una normativa en Colombia específica para la elaboración, distribución y comercialización de los vegetales mínimamente procesados que permita fijar directrices con los límites microbiológicos y los análisis necesarios para obtener un producto seguro que cumpla con una calidad adecuada y que además genere confianza a los consumidores.

Se recomienda el uso de bandejas de PET tipo cartera Sello Plus (EBSP) almacenadas a 4 °C, y con aire en el espacio de cabeza, como alternativa para hacer llegar al consumidor un producto listo para su consumo, enmarcado en las nuevas tendencias del mercado como lo son las tecnologías emergentes y enfocado en la promoción variada de alimentos vegetales.

Se recomienda realizar estudios con otras películas de alta permeabilidad a los gases (películas micro-perforadas) que permitan generar un equilibrio entre los vegetales y la atmósfera exterior, especialmente cuando se empaquen mezclas vegetales en atmósferas modificadas.

BIBLIOGRAFÍA DE LA INTRODUCCIÓN Y DEL MARCO REFERENCIAL

Agar, I.T., R. Massantini, B. Hess. and A. A. Kader. 1999. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *Journal of Food Science*. 64(3): 433-440.

Aguayo, E., V. H. Escalona. and F. Artés. 2008. Effect of hot water and various calcium salts on quality of fresh. Cut Amarillo melon. *Postharvest Biology and Technology*. 47(3): 397-406.

Alegria, C., J. Pinheiro, M. Duthoit, E. M. Gonçalves, M. Moldão-Martins. and M. Abreu. 2012. Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *Food Science and Technology*. 48(2): 197-203.

Alonso, G. y A. Chiesa. 2009. Hortalizas mínimamente procesadas en los supermercados de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 13(2): 45 – 57.

Alvarez, R. 2012. Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad poscosecha. Tesis de Doctorado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Alzamora, S., L. Gerschenson, P. Cerrutti. and A. Rojas. 1989. Shelf-stable pineapples for long-term non refrigerated storage. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 22: 233-236.

Alzamora, S. 1997. Preservación I. Alimentos conservados por factores combinados. En: *Temas en Tecnología de Alimentos*. Ed. Aguilera J. M. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. pp. 45-88

Alzamora, S., M. S. N. Guerrero, A. B. Nieto y S. L. Vidales. 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. En: <http://www.fao.org/docrep/008/y5771s/y5771s02.htm#bm2.2>; consulta: marzo 2013.

Anous. B., A. Burke and J. Sites. 2004. Surface pasteurization of whole fresh cantaloupes inoculated with *salmonella poona* or *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection*. 67(9):1876-85.

Ansorena, M. R., N. E. Marcovich. and S. I. Roura. 2011. Impact of edible coatings and mild heat shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L.) during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*. 59(1): 53-63.

Artés, F. y F. Artés-Hernández. 2003. Etapas decisivas y diseño de instalaciones para la elaboración de productos procesados en fresco. En: *Productos hortofrutícolas mínimamente procesados*. Editores: M.G. Lobo y M. González. Edit. Gobierno de Canarias. pp. 57-78.

Artés, F. and A. Allende. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. En: *Emerging technologies for food processing*: 677 – 716.

Artés, F., P. Gómez, E. Aguayo, V. Escalona. y F. Artés. 2007. Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *PHYTOMA* 189: 124-130.

Baldwin, E. A., M. O. Nisperos, X. Chen. and R. D. Hagenmaier. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. 9(2): 151-163.

Baldwin, E. A., M. O. Nisperos, R. D. Hagenmaier and R. A. Baker. 1997. Use of lipids in coatings for food products. *Food Technology*. 51: 56-64.

Barkai. R. and D. J. Phillips. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Disease* 75: 1085–1089.

Beaulieu J. C. and E. A. Baldwin. 2001. Flavor and aroma of fresh-cut fruits and vegetables. En: Lamikanra O (eds) *Fresh cut fruits and vegetables*. Sci. Technol. and Market. Technomics Publishing Co., Inc. Washington, D.C. pp. 167.

Beirão, S., A. Steinera, L Correiaa, J. Empisb. and M Moldão. 2006. Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Engineering*. 76(4): 616-625.

Bett, K. L, D. A. Ingram, C. C. Grimm, S. W. Lloyd, S. W, A. M. Spanier, J. M. Miller, K. C.Gross, E. A. Baldwin. and B. T. Vinyard. 2001. Flavor of fresh-cut gala apples in barrier film packaging as affected by storage time. *Journal of Food Quality*. 24(2): 141-156.

Bico, S. L. S., M. F. J. Raposo, R. M. S. C. Morais. and A. M. M. B. Moraes. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*. 20(5): 508-514.

Bolin H. R. and C. C. Huxsoll. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad cut lettuce. *Journal of Food Science*. 56(1): 60–67.

Brackett, R. E. 1994. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. En: Wiley R. C (eds) *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall. New York: pp. 269-312.

Brasil, I. M., C. Gomes, A. Puerta, M. E. Castell. and R. G. Moreira. 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *Food Science and Technology*. 47(1): 39-45.

Brecht, J. K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Horticultural Science*. 30(1): 18-22.

Buta, J.G., H. E. Moline, D. W. Spaulding. and C. Y. Wang. 1999. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(1): 1-6.

Cano, M. P., C. S. Sánchez, S. Pascual. y B. Ancos. 2005. Procesado mínimo y valor nutricional. En: González-Aguilar GA, Gardea AA, Cuamea-Navarro F (eds) *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. Logiprint Digital S. de R.L. de C.V. Guadalajara Jal. México. pp 558.

Carrasco, E. 2007. Análisis del riesgo microbiológico: *listeria monocytogenes* en ensaladas de IV gama. Tesis de Doctorado. Universidad de Córdoba. Córdoba, España.

Carreres, J. E. 2010. Evaluación de las últimas novedades alimentarias en hortofruticultura derivadas de las nuevas tendencias de consumo así como del I+D: los productos alimenticios de la IV y V gama. En: http://www.infoagro.com/hortalizas/productos_iv_v_gama.htm.; Consulta: Agosto 2013.

Church, N. 1994. Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food ScienceTechnology* 5(11): 345 – 352.

Dauthy, M. E. 1995. Fruit and vegetable processing. En: http://www.vouranis.com/uploads/6/2/8/5/6285823/fao_fruit_veg_processing.pdf.; consulta: Enero 2013.

Davies, A.R. 1995. Advances in modified atmosphere packaging. En: *New Methods of Food Preservation*. Blackie Academic Professional. Scotland. 304 – 320.

Debeaufort, F. and A. Voilley. 1995. Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. *International Journal of Food Science and Technology*, 30(2): 183-190.

Del Valle, J. M. y M. T. Palma. 2002. Atmósferas controladas y modificadas. *Temas en Tecnología de alimentos*. CYTED. 1: 89 – 130.

Denoya, G. y M. Ardanaz. 2012. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 38(3): 263–267.

Denoya, G., J. Gabilondo, C. O. Budde, L. C. Sanow, S. R. Vaudagna. y G. A. Polenta. 2012. Aplicación de altas presiones hidrostáticas para la preservación de duraznos mínimamente procesados. En: <http://inta.gob.ar/documentos/aplicacion-de-altas-presiones-hidrostaticas-para-la-preservacion-de-duraznos-minimamente-procesados/>; consulta: Octubre 2013.

Directiva 95/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de febrero de 1995 relativa a aditivos alimentarios distintos de los colorantes y edulcorantes.

Directiva 98/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de octubre de 1998 relativa a aditivos alimentarios distintos de los colorantes y edulcorantes.

Djioua, T., F. Charles, F. Lopez, H. Filgueiras, A. Coudret, M. Freire, M. Ducamp. and H. Sallanon. 2009. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology*. 52(2): 221-226.

Drake, S.R., E. M. Kupferman. and J. K. Fellman. 1988. Bing sweet cherry (*Prunus avium* L.) quality as influenced by wax coatings and storage temperature. *Journal of Food Science*. 53 (1): 124-126.

Eric, D. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloids* 23(6): 1473-1482.

FDA 21 CFR172. 2006. Food additives permitted for direct addition to food for human consumption. Subpart C. Coatings, Films and Related Substances. Code of Federal Regulations, Title 21, Volume 3.

Fontes, L. C. B., S. B. S. Sarmiento, M. H. F. Spoto. e C. T. S. Dias. 2007. Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 28(4): 872-880.

Food Agricultural Organization of the United Nations. 2003a. Code of hygienic practice for fresh fruits and vegetables CAC/RCP 53. En: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do; consulta: Septiembre 2013.

Food Agricultural Organization of the United Nations. 2003b. Recommended international code of practice. General principles of food hygiene. CAC/RCP 1-1969, Rev. 4- 2003. En: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do; consulta: Septiembre 2013

Food Drug Administration. 2001. Analysis and evaluation of preventive control measures for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh-cut produce. En: <http://vm.cfsan.fda.gov/~commift3-toc.html>; consulta: Septiembre 2013.

Forghani, F. and D. Oh. 2013. Hurdle enhancement of slightly acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on Chinese cabbage, lettuce, sesame leaf and spinach using ultrasonication and water wash. Food Microbiology. 36(1): 40-45.

García, E. and D. M. Barrett. 2005. Fresh-Cut Fruits. En: Barrett, D.M., L. Somogyi, H. Ramaswamy, (eds.) Processing Fruits: Second Edition: Science and Technology. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 53-72.

García, E., L. Gago. y J. L. Fernández. 2006. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. En: http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_envasado_en_atmosfera_protectora.pdf; Consulta: septiembre 2013.

García-Méndez, A. D. 2008a. Aplicación de la técnica de IV Gama para la conservación de ensaladas. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 61(2): 4658 – 4666.

García-Méndez, A. D. 2008b. Aplicación de la técnica de IV Gama en frutos de melón (*Cucumis melo*) y piña (*Ananas comosus*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 9(1): 34 – 43.

Garmendia, G. y S. Vero. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. En: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh197/18_27.pdf; consulta: Septiembre 2013

Garrett, E. H .1999. Fresh-cut produce. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Aspen Publishers. Maryland. 264 pp.

Gennadios, A. y C.L. Weller. 1990. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. Food Technology. 44(10): 63-67.

Giraldo, G. A. 2006. El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *Vitae*. 13(2): 21-25.

González, G., F. Cuamea, M. A. Villegas y J. F. Ayala. 2004. Estado actual del mercado de frutos y vegetales frescos Cortados. En: Simposio "Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamérica". III Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. p. 7-16.

Gorny, J. R. 1998. Summary of CA and MA requirements and recommendations of fresh cut (minimally processed) fruits and vegetables. *Proceedings of Seventh International Controlled Atmosphere Conference*, Davis, California.

Gorny, J. R. 2001. Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry. 4th edition. *International Fresh-cut Produce Association*. Arlington: pp. 216.

Gorny, J. R., B. Hess, R. A. Cifuentes. and A. A. Kader. 2002. Quality changes in fresh cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology*. 24(3): 271-278.

Gould, G. 1995. Homeostatic mechanisms during food preservation by combined methods. En: *Food Preservation by Moisture Control. Fundamentals and Applications*. (eds) G. Barbosa-Cánovas y J. Welti Chanes. Ed. Technomic Publication company. Pennsylvania, USA. pp. 397-410

Greener, I. y O. Fennema. 1994. Edible films and coatings: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. En: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* (eds) Krochta J. M., E. A. Baldwin, M. O. Nisperos. Ed. Technomic Publishing Company, I Lancaster, USA. pp. 1-24.

Guerrero, S., S. Alzamora. y L. Gerschenson. 1994. Development of a shelf stable banana purée by combined factors: microbial stability. *Journal of Food Protection*. 57(10): 902 – 907.

Guerrero, J., B. Swanson y G. Barbosa-Cánovas. 2005. Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4- hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. *Food Science and Technology*. 38(6): 625-630.

Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. En: Mathlouthi, M. ed. *Food Packaging and Preservation. Theory and Practice*. Ed. Elsevier Applied Science Publishers, New York, USA. pp. 371-394.

Gupta, S., S. Chatterjee, J. Vaishnav, V. Kumar, P. S. Variyar. and A. Sharma. 2012. Hurdle technology for shelf stable minimally processed French beans (*Phaseolus vulgaris*): A response surface methodology approach. Food Science and Technology. 48(2): 182-189.

Hong, G., G. Peiser. and M. I. Cantwell. Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. Postharvest Biology and Technology. 20(1): 53-61.

International Fresh-cut Produce Association. 2000. Fact sheet on fresh cut produce. En: www.fresh-cuts.org/information_show.htm.; Consulta: Agosto 2013.

Ishige, K., D. Schubert. and Y. Sagara. 2001. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. Free Radical Biology & Medicine. 30(4): 433-446.

Katsube, N., I. Keiko, T. Tsushida, K. Yamaki. and M. Kobori. 2003. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51(1): 68-75.

Kester, J. J. and O. R. Fennema. 1986. Edible films and coatings: A review. Food Technology. 40: 47-59.

Kim, J. G. 2007. Fresh-cut market potential and challenges in far-east Asia. Acta Horticulturae. 746: 33-38.

King A. D. and H. R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technology 43(2): 132-135.

Krochta, J. M. and C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Technology. 52(2): 61-74.

Kuroski, E., A. Asuero, A. Troncoso, J. Mancini. y R. Fett. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 25(4): 726 – 732.

Lacroix, M. and R. Lafortune. 2004. Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on bacterial resistance in grated carrots (*Daucus carota*). Radiation Physics and Chemistry. 71(1-2): 79-82.

Lamikanra, O. and M. A. Watson. 2004. Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. Food Chemistry and Toxicology. 69(6): 468-472.

Lapidot, T., S. Harel, B. Akiri, R. Granit. and J. Kanner. 1999. pH-Dependent forms of red wine anthocyanins as antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(1): 67-70.

Leitsner, L. and G.W. Gould. 2002. *Hurdle technologies: Combination treatments for food stability, safety and quality*. New York, USA: KluwerAcademic/PlenumPublishers.

Li, Y., R. E. Brackett, R. L. Shewfelt. and L. R. Beuchat. 2001. Changes in appearance and natural microflora on iceberg lettuce treated in warm, chlorinated water and then stored at refrigeration temperature. *Food Microbiology*, 18(3): 299–308.

Lima, K. S., A. L. S. Lima, R. H. Luchese, R. L. O. Godoy. e A. U. O. Sabaa-Srur. 2002. Cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosferas modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-química e química. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 23(2): 240-250.

Loaiza, J. G., F. A. Tomás. and M. Saltveit. 1997. Effects of intensity and duration of heat-shock treatments on wound-induced phenolic metabolism in iceberg lettuce. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 122(6): 873–877.

Loaiza, J. G., M. E. Mangrich, R. Campos. and M. Saltveit. 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles. *Postharvest Biology and Technology*. 27(3): 305-311.

Luna-Guzmán, I., M. Cantwell. and D. M. Barrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology*. 17(3): 201- 213.

Martín, M., C. Mauguin. and A. Voilley. 1992. Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 1. Influence of the film preparation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(3): 407-412.

Martín, A. B., D. Rico, J. Frías, G. T. M. Henehan, J. Mulcahy, J. M. Barat. and C. Barry. 2006. Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage. *Journal of Food Engineering*. 77(4): 1069-1077.

Martín. B. y M. A. Rojas. 2005. Factores que afectan la calidad. *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. CIAD AC. Hermosillo. pp. 558.

Martínez. G. B., F. Artés-Hernández, P. Gómez, A. C. Formica. and F. Artés. 2013. Combination of electrolyzed water, UV-C and superatmospheric O₂ packaging for improving fresh-cut broccoli quality. *Postharvest Biology and Technology*. 76: 125-134.

Martínez, M. V. and J. R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Food Science and Technology* 6(6): 195-200.

McHugh, T. H. and J. M. Krochta. 1994. Milk-protein-based edible films and coatings. *Food Technology*. 48(1): 97-103.

Mercado E. y E. N. Aquino. 2005. Enzimas involucradas en el deterioro de frutos y vegetales cortados. En Gonzalez-Aguilar G., Gardea A. A., Cuamea-Navarro F. (Eds). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos cortados*. Logiprint Digital S. de R.L. de C.V. Guadalajara Jal. México. pp, 177-216.

Merchetti, R., M. A. Casadei. and M. E. Guerzoni. 1992. Microbial population dynamic in ready-to-use vegetables salads. *Italian Journal of Food Science*. 2: 97-108.

Millán, F. y V. Roa. 2001. Uso de la metodología de superficie de respuesta en la evaluación del pardeamiento en cambur procesado por impregnación al vacío. *Interciencia*. 26(7): 290-295.

Moreira, M., S. Roura. and A. Ponce. 2011. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. *Food Science and Technology* 44(10): 2335-2341.

Morillon, V., F. Debeaufort,, G. Blond, M. Capelle. and A. Voilley. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42: 67-89.

Nguyen-The, C. and F. Carlin. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Food Science and Nutrition*. 34(4): 371- 401.

Nisperos, M. O., E. A. Baldwin. and P. E. Shaw. 1992. Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *Proceedings of the Annual Meeting Florida State Hort. Society*. 104(1991): 122-125.

Oms, G., R. Soliva. and O. Matín. 2008a. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *Food Science and Technology*. 41(10): 1862-1870.

Oms, G., R. Soliva. and O. Matín. 2008b. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*. 57(1): 87-94.

Oliveira, E., M. A. Gutiérrez, A. P. Jacomino, R. Puschmann, N. F. Ferreira, R. E. Alves, J. Mosca, H. A. Cunha, M. S. Rocha, S. Dussán. y P. Yagui. 2005. Formas de presentación. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Guadalajara, México: Logiprint Digital S. de R. L. de C. V. pp. 37- 55.

Orsat, V., Y. Gariépy, G. S. V. Raghavan. and D. Lyew. 2001. Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots. *Food Research International*. 34(1): 527–536.

Patiño, N. R., H. M. Moreno y M. P. Chaparro. 2010. Aplicación de un recubrimiento comestible a la lechuga crespa (*Lactuca sativa* L) mínimamente procesada y refrigerada. En: evento: Primera Semana de la Innovación Agroindustria.

Phillips, C. A. 1996. Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. A review. *International Journal of Food Science and Technology*. 31(6): 463 – 479

Ragaert, P., W. Verbeke, F. Devlieghere. and J. Debevere. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference*. 15(3): 259–270.

Reglamento (CE) N° 852/2004 del parlamento Europeo y del consejo de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. 2004. En: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:ES:PDF>; consulta: septiembre 2013.

Reglamento (CE) N° 2072/2005 de la comisión de 16 de diciembre de 2005, por el que se rechazan las solicitudes de certificados de exportación de determinados productos transformados a base de cereales. 2005. En: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:331:0023:0023:ES:PDF>; consulta: septiembre 2013.

Rico, D., A. B. Martín, J. M. Barat. and R. Barry. 2007. Extending and Measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends in food Science and Technology*. 18: 373-386.

Rico, D., A. B. Martín, J. M. Frías, J. M. Barat, G. T. M. Henehan. and C. Barry. 2007. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering*. 79(4): 1196-1206.

Robles, R. M., S. Gorinstein, H. Astiazarán, G. González. y R. Cruz. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*. 32(4): 227-232.

Rocha A. M. C. and A. M. M. B. Morais. 2003. Shelf life of minimally processed apple (cv *Jonagored*) determined by colour changes. *Food Control* 14(1):13-20.

Rojas, R., J. Quintero, J. Rojas. y B. Coronado. 1994. Conservación de puré de mango mediante factores combinados envasado en grandes recipientes sin adición de sacarosa. *Boletín Internacional de Divulgación CYTED*, N 2, p. 45, Universidad de las Américas, Puebla, México.

Rojas, D., E. C. Narváez y L. P. Restrepo. 2006. Evaluación del contenido de vitamina c, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*psidium guajava* L.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. En *Memorias de Lagrotech* (Red tecnológica y química de productos industriales latinoamericanos), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. pp. 49-60.

Saftner R. A., J. Bai, J. A. Abbott. and Y. S. Lee. 2003. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Postharvest Biology and Technology*. 29(3): 257-69.

Sajur, S. 1985. Preconservación de duraznos por métodos combinados. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Mar del Plata. Buenos Aires, Argentina

Schenk, M. L. 2010. Preservación de productos frutales mínimamente procesados mediante la aplicación de luz UV y su combinación con otras tecnologías emergentes. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Shafiee, M., T. S. Taghavi. and M. Babalar. 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*. 124(1): 40-45.

Shellhammer, T. H. and J. M. Krochta. 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science*. 62(2): 390-394.

Shiina, T. and Y. Hasegawa. 2007. Trends of fresh-cut vegetables in Japan. *Acta Horticulturae*. 746: 39-43.

- Simões, A. D. N., J. A. Tudela, A. Allende, R. Puschman. and M. I. Gil. 2009. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. *Postharvest Biology and Technology*. 51(3): 364–370.
- Silveira, A. C., E. Aguayo, M. Chisari. and F. Artés. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut ‘Galia’ melon. *Postharvest Biology and Technology*. 62(1): 77-84.
- Soliva-Fortuny, R. C., N. Grigelmo-Miguel, I. Odriozola-Serrano, S. Gorinstein. and O. Martín-Belloso. 2001. Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(8): 3685-3690.
- Soliva-Fortuny, R. C., N. Grigelmo-Miguel, I. Hernando, M. A. Lluch. and O. Martín-Belloso . 2002. Effect of minimal processing on the textural and structural properties of fresh-cut pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(14): 1682-1688
- Sothornvit, R. and J. M. Krochta. 2000. Plasticizer Effect on Oxygen Permeability of β -Lactoglobulin Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(12): 6298-6302.
- Szabo, E. A., K. Scurrah. and J. M. Burrows. 2000. Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. *Letters in Applied Microbiology*. 30(6): 456-460.
- Varoquaux, P. and R. C. Wiley. 1994. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. En: *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Wiley RC (eds). Chapman & Hall. New York: pp. 226-228.
- Wang, H., H. Feng. and Y. Luo. 2004. Microbial reduction and storage quality of fresh-cut cilantro washed with acidic electrolyzed water and aqueous ozone. *Food research international*. 37(10): 949-956.
- Welti, J. y D. Bermúdez. 2003. Nuevas tendencias en el procesamiento de alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Universidad de las Américas. Puebla. México. pp. 20.
- Welti, F., J. Vergara, R. García y R. Villa. 2005. Métodos, criterios y modelación para la selección de películas plásticas en atmósferas modificadas. En: *Segundo Simposio Internacional de Innovación y Desarrollo de Alimentos*. Universidad de las Américas. Puebla México.

Wiley, C. R. 1997. Frutas y Hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza: España. Acribia. pp 68-82.

Yahia, E. M. y Ariza, R. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortaliza. En: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/53/173/53173.pdf>; Consulta: Abril 2013.

Zagory, D. and A. A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technology. 42(9) :70-77.

Zagory, D. 1997. Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of Fresh Produce. En: Pereihables Handling News letter, <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-158.pdf>; consulta: Febrero 2013.

Zhang, L., Z. Lu, Z. Yu. and X. Gao. 2005. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. Food Control. 16(3): 279-283.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DEL ARTÍCULO

REVISTA

ACTA AGRONÓMICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – PALMIRA

Alcance y política editorial

Acta Agronómica, órgano de divulgación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, publica artículos de investigación desde perspectivas disciplinarias o multidisciplinarias que tengan por objeto componentes, interacciones o efectos contextuales en sistemas de cultivo o de crianza, en sistemas de producción-consumo de alimentos y materias primas o en sistemas agrarios de la ruralidad neo-tropical.

La revista aspira a convertirse en espacio de encuentro de escritura y de desarrollo de competencias de académicos de las Ciencias Agrarias y del Desarrollo Rural Sostenible, abre sus páginas a contribuciones originales e inéditas en castellano, portugués o inglés de autores afiliados a organizaciones educativas e investigativas de Colombia, de las naciones de la Comunidad Andina, de América Latina, del Caribe y de Iberoamérica.

Para garantizar la conservación de la visibilidad de la publicación y la igualdad de oportunidades para los manuscritos en competencia, la Revista ha depositado la parte decisoria del proceso de evaluación en dos académicos adscritos a instituciones diferentes de los autores, de trayectoria en el campo de estudio de la investigación y cuya identidad se mantiene en anonimato.

Si los autores siguen fielmente las instrucciones cooperarán en la agilización de los procesos de revisión, evaluación y edición de la publicación.

Los artículos se encuentran disponibles en formato PDF en la dirección electrónica de la Revista http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica

Los artículos se publicarán según la fecha de aceptación. La responsabilidad de los enunciados será exclusiva de los autores. Los artículos no aprobados se devolverán a los autores.

Tipos y características de los manuscritos

La revista publica manuscritos con las características siguientes:

Artículo científico.

Relata la manera de delimitar la pregunta de la investigación, el camino para someterla a prueba (análisis estadístico del experimento, protocolos disciplinarios) y la confrontación de los datos generados con la literatura actual. Los límites máximos del manuscrito son: 5000 palabras, incluyendo los títulos (en el idioma original y en inglés), el resumen y el abstract, las referencias bibliográficas, los cuadros, figuras y apéndices (ver Biotropica, 2012). Es aconsejable que los documentos tengan un máximo de 30 referencias bibliográficas. Estructure el artículo en las siguientes secciones:

- Preliminar [título, autoría, afiliación institucional, autor para correspondencia con el Editor, época de recepción y de aceptación del artículo (la diligencia el Comité Editorial), resumen, lista de palabras claves, Abstract, Key-words];
- Cuerpo del artículo (Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos y Referencias);
- Complementaria (Cuadros y Figuras; deben ir al final del texto).

Nota técnica.

Relata avances significativos en el desarrollo de protocolos metodológicos o en el estado de conocimiento de un tema específico. Los límites máximos del manuscrito son: 3000?? palabras, incluyendo todas las secciones del documento. Estructure la "Nota técnica" en las siguientes secciones: preliminar (los mismos ítemes), cuerpo del artículo (Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Referencias) y complementaria.

Artículo de revisión.

El Comité Editorial invita a autores reconocidos a poner por escrito los resultados de trayectorias dedicados a la investigación o temas de frontera en un campo de las disciplinas o multidisciplinas agrarias. Los límites máximos del manuscrito son: 8000 palabras, incluyendo los títulos (en el idioma original y en inglés), el resumen y el abstract, las referencias bibliográficas, los cuadros, figuras y apéndices (ver Biotropica, 2012). Es aconsejable que los documentos tengan un máximo de 60 referencias bibliográficas. Estructure el "Artículo de Revisión" en las siguientes secciones: preliminar (los mismos ítemes), cuerpo del artículo (Introducción, Capítulos y subcapítulos para

desarrollar el tema, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias) y sección complementaria (cuadros y figuras).

Forma y preparación de manuscritos

Ajuste el documento al tamaño de papel carta (21.5 x 27.9 cm) y márgenes de 2.5 cm; digite a doble espacio a través de todo el texto (incluyendo cuadros y figuras), con la fuente **Bookman Old Style tamaño 10**, numere las páginas.

Sección preliminar

El **Título** debe ser conciso (menos de 16 palabras) y al mismo tiempo debe suministrar suficiente información para que el lector pueda formarse una idea del nivel científico y del interés del estudio. Evite expresiones como "estudio detallado" o "estudio preliminar". Colóquelo en minúsculas y solo las primeras letras o los nombres propios en mayúscula. Redáctelo primero en el idioma en que esté escrito el documento (castellano, portugués o inglés) y después en inglés; si el documento está en inglés, redacte el título después en castellano. En la lista de **autores** incluya nombres y apellidos completos de cada investigador. Señale afiliación de los autores en el siguiente orden: Departamento o Sección, Facultad o Centro experimental, Universidad u Organización de Investigación, dirección postal, ciudad, departamento o estado, país. Indique el correo electrónico del autor que mantendrá correspondencia con el Editor. En un párrafo que no exceda **350** palabras resuma los objetivos, métodos y resultados del trabajo. Si el texto se redacta en castellano o portugués incluya la versión del **resumen** en inglés (**abstract**). Si se redacta en inglés incluya la versión del abstract en castellano. Escriba tres a cinco **palabras clave** en orden alfabético sin repetir las del título, adicione también al **abstract** las mismas palabras clave (**key-words**) y en orden alfabético; digite en cursiva los nombres científicos.

Cuerpo del trabajo

En la **Introducción** describa breve e hiladamente los antecedentes científicos que permitieron formular el problema de la investigación y formule los objetivos de la experimentación. **Cite los documentos**, a lo largo de todo el texto, por el apellido del autor seguido por una coma y el año de publicación; si el artículo tiene tres o más autores cite el apellido del primer investigador seguido por la locución latina *et al.* abreviada y digitada en cursiva, después agregue una coma y el año de publicación.

En **Materiales y Métodos** describa la metodología biológica, analítica y estadística de la investigación de manera que otros investigadores la puedan replicar o que los lectores

puedan conocer los límites de interpretación de los datos; informe la localización espacial del experimento (coordenadas geográficas, características edafoclimáticas, provincias biogeográficas, zonas de vida). Indique el origen de los materiales biológicos o reactivos no corrientes e informe sobre los cambios en los protocolos habituales. Mencione en **cuadros** la composición de protocolos de fertilización, de dietas para animales, de medios de cultivos *in vitro*, etc. Si realiza experimentos enuncie diseño, tratamientos, repeticiones, variables de repuesta, frecuencia de mediciones. La utilización incorrecta o inadecuada de los métodos estadísticos es inaceptable. No describa los tratamientos estadísticos corrientes (comparación de medias, análisis de varianza, etc.), incluya la referencia pertinente. Describa los modelos estadísticos y diseño experimental (clases, bloques y/o unidades experimentales). Con el software estadístico mencione las fuentes de variación.

En **Resultados y Discusión**; los resultados se pueden ilustrar con cuadros y/o figuras (mapas, gráficos, dibujos, fotografías), pero no las duplique ni repita los datos en los párrafos. Al diagramarlos tenga en mente que la revista se imprime en dos columnas de 85 x 235 mm; para más detalles sobre cuadros y figuras ver adelante. Describa brevemente los resultados más importantes a nivel estadístico. Combine la **Discusión** con los resultados. La interpretación se debe basar (1) en los resultados estadísticos y no en apreciaciones personales o subjetivas (evite la especulación) y (2) en publicaciones científicas que tratan el tema. Discuta los resultados sobresalientes. No cite repetidamente los resultados. Presente en **Conclusiones** los resultados e indique los que sean susceptibles de verificación o estudio a mayor profundidad.

En **Agradecimientos** (es opcional), solo para los estrictamente necesarios. Esta sección debe llevar en lo posible el siguiente orden: personas (omitiendo títulos profesionales), grupos, entidades que apoyaron financieramente el estudio y número del proyecto financiado. Evite ser muy específico en los agradecimientos por cada persona. Mencione a las personas que han prestado asesoría técnica o estadística a la investigación. Es recomendable agradecer a los evaluadores que revisan los trabajos.

Las **Referencias** son el arreglo alfabético y por año de publicación de las referencias **citadas en el texto**. Si el artículo tiene más de seis autores, nombre cinco investigadores y a continuación la locución latina *et al.* Digite el título de las revistas abreviado en cursivas. La norma bibliográfica sigue la tradición de la escuela estadounidense en Ciencias Agrarias. Se ilustran con ejemplos las más frecuentes:

Nota: Dependiendo si la cita está escrita en español, portugués o inglés, agregue una “y”, una “e” o “and” antes de enunciar el último autor, respectivamente.

1. Oslinger, A.; Muñoz, J. E.; Álvarez, L. A.; Moreno, F.; y Posso, A. 2006. Caracterización de cerdos criollos colombianos mediante la técnica molecular RAMs. *Acta Agron.* (Palmira) 55 (4): 45-50.

Libros y artículos de libros

2. Martínez A., J. V.; Bernal, H.; y Cáceres, A. 2000. Fundamentos de Agrotecnología de cultivo de plantas medicinales iberoamericanas. Bogotá: CYTED, SECAB. p. 253-268.
3. Argel, Keller-Grein. 1996. Regional experience with Brachiaria: Tropical America - Humid Lowlands. *In*: Miles W.; Maass, L.; Valle, Borges do (eds.). Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement. CIAT; Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Cali, p. 164-177. (CIAT publication no. 259).

Tesis

4. Castillo, J. A. 2004. Variación de la erodabilidad y aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) en los Andes colombianos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Palmira, Valle, Colombia. 50 p.

Artículos en Internet

5. Delgado, J. V.; Barba, C.; Camacho, M. E.; Sereno F., T. P. S.; Martínez, A.; y Vega-Pla, J. L. 2001. Caracterización de los animales domésticos en España. Boletín de Información sobre Recursos Genéticos Animales. FAO. Disponible en: **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**

6. Universidad de Hawaii. 2005. Seed storage practices for native Hawaiian plants. I. Seed storage manual for small facilities. Disponible en: http://www.hawaii.edu/scb/docs/science/seed/sm1_b_torprop1.html [Fecha revisión: Febrero 23 de 2005]

Sección complementaria

(Fuente: Revista Colombiana de Entomología, Instrucciones para los autores, 2010)

Presente cada cuadro numerado y en hoja separada. El título se coloca en la cabeza de la ilustración y debe describir concisamente el contenido. Marque con línea continua los

límites externos de la primera y de la última fila y la separación entre títulos de las columnas y los datos; no marque los límites de las columnas (no use líneas verticales). Use los símbolos de las unidades del Sistema Internacional de Pesas y Medidas y notación exponencial (kg ha). No separe los números en miles, use el punto para los decimales. Presente los parámetros estadísticos.

Los resultados que evidencien diferencias estadísticas se deben señalar por letras en exponente y definir las al pie de los cuadros por el nivel de significancia estadística ($P < 0.05$).

Presente cada figura numerada y en hoja separada, utilícela para destacar puntos importantes y específicos; **no la encierre en cajas**; use barras y símbolos negros, blancos (abiertos), y rayado grueso, prefiera como símbolos círculos, cuadrados y triángulos negros o blancos, emplee letras de tamaño entre 8 y 10 píxeles y muestre en forma gráfica los parámetros estadísticos (barras de desviación estándar o el error estándar).

Cuadros: Deben estar citados en orden numérico en el texto. El título debe ser conciso y autoexplicativo del contenido del cuadro y debe ir en la parte superior (**Cuadro XX** en negrita. Leyenda en letra normal). Se pueden utilizar notas al pie del cuadro. Se pueden dejar las líneas horizontales del cuerpo del cuadro y se deben eliminar las líneas horizontales internas en el cuadro. No debe haber líneas verticales internas a los datos dentro del cuadro. El explicativo del cuadro no debe ser una duplicación de la metodología del trabajo.

Figuras: Incluyen dibujos, mapas, gráficas y fotografías. Deben estar citadas en orden numérico en el texto. Si la citación va en paréntesis se deben indicar como "(Fig. XX)", Ejemplo: En la figura 1 o (Fig. 1). Las figuras compuestas deben señalarse con letras: Ejemplos: (Fig. 1A) (Figs. 1 A-C). El título debe ser conciso y autoexplicativo del contenido de la figura y debe ir en la parte inferior (**Figura XX** en negrita. Leyenda en letra normal). Las abreviaciones y símbolos en las figuras deben corresponder con aquellas señaladas en el texto; si son nuevas deben explicarse en la leyenda.

Prefiera enviar mosaicos de imágenes en lugar de varias figuras individuales (ver ejemplo abajo). Las gráficas deben ser lo más sencillas posible, usando tonos de gris para el relleno en lugar de patrones (ver ejemplo abajo). Si bien las múltiples opciones de color y tramado provistas por los programas gráficos pueden ser visualmente llamativas, son poco claras y de difícil manejo para impresión.

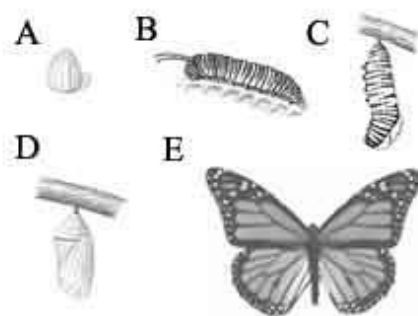
Si el trabajo es aceptado, envíe las imágenes como archivos separados tipo TIFF con un mínimo de 300 dpi de resolución (presentes en la mayoría de programas editores gráficos). Recuerde que el área máxima de impresión de la revista es de 183 mm x 235

mm. Prefiera enviar sus figuras con los anchos 70 mm o 150 mm) para evitar reducciones extremas. Cuando tenga varias fotos o dibujos prefiera disponerlos en mosaico y numérelos con ordinales (1A, 1B, etc.).

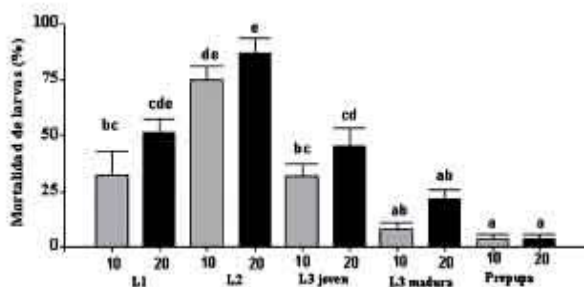
Preferiblemente se publicarán figuras en blanco y negro. Se publicarán figuras o fotos en color si los autores cubren el costo adicional. Para saber este costo debe comunicarse con el editor.

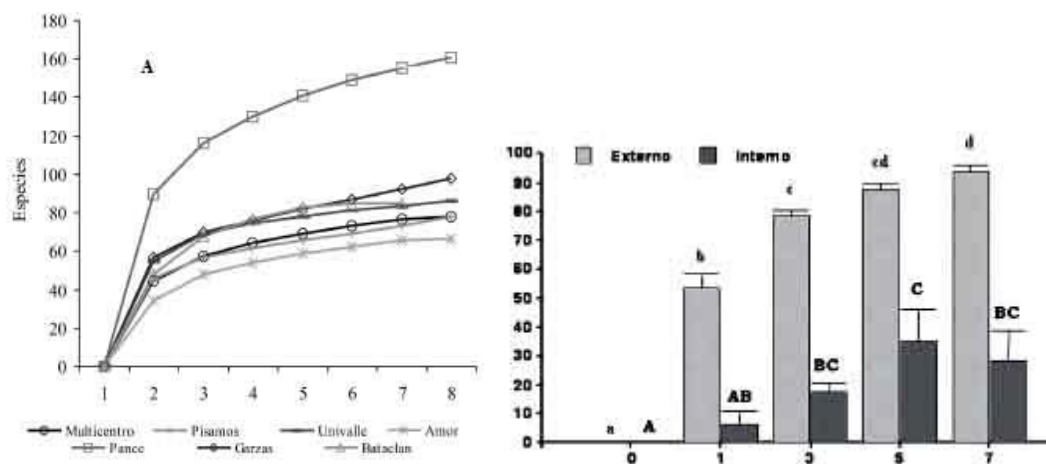
Es necesario dar los créditos cuando se utilicen figuras o esquemas que aparecen en otras publicaciones. Se requiere en este caso presentar la carta de aceptación de uso de la figura.

Tanto los cuadros como las figuras deben aportar información valiosa e ilustrativa para el artículo y no ser redundantes con la información suministrada en el texto o entre ellas mismas.



Modelo figura. Se prefieren los mosaicos en lugar de una figura separada para cada ilustración. El autor puede agregar un recuadro para cada ilustración.





Modelos de gráficas. Nótese el uso simplificado de las ilustraciones. No hay fondo de color, ni líneas horizontales internas. Tampoco hay línea de marcos derecho y superior. Las ilustraciones remitidas durante la evaluación deben ser de baja resolución. Si el trabajo es aceptado, las figuras finales deben ser de al menos 300 dpi en formato TIFF.

Cómo hacer las citas bibliográficas dentro del texto

Se utiliza una variante del sistema Harvard de citación dentro del texto:

- Bustillo (1998), Tróchez y Rodríguez (1989) ó López *et al.* (1989) si el nombre(s) del(os) autor(es) es (son) parte de la oración.
- (Gutiérrez, 1999), (Bustillo y Rodríguez, 1999) ó (Ramírez *et al.*, 1999) si el nombre(s) del(os) autor(es) va(n) como cita al final de la frase
- (Bueno 1998, 1999) para dos artículos del mismo autor ordenar de la fecha más anterior a la más reciente.
- (Portilla 1998a, 1998b) para dos artículos del mismo autor en el mismo año
- (Gutiérrez, 1987; Rodríguez, 1998; Ramírez, 1999) para citación múltiple, en orden ascendente de año. En caso de dos años iguales con diferentes autores, se ordena alfabéticamente de autores.
- (Parra, en prensa). En la literatura citada es necesario señalar el nombre de la Revista donde va a publicarse el artículo.
- (P. Reyes, com. pers.). Es necesario que el autor obtenga permiso para esta citación. Puede señalarse bien sea como pie de página o en el listado de Literatura citada, indicando la fecha de la comunicación.

Cómo se deben citar los nombres de las especies en el texto

- **Cita de especies en texto:** Nombres científicos de género y especie van en cursiva y siguiendo las normas de los códigos internacionales de nomenclatura (ICZN, ICBN, etc.). Adicione el descriptor la primera vez que cite una especie en el trabajo (p. ej.: *Apis mellifera* L.). No lo haga en el título, abstract ni resumen. En el caso de género sólo la primera letra debe ir en mayúscula. Después de la primera citación de una especie puede resumir el nombre del género a la primera letra o de manera que no haya confusión. Hay varias fuentes en internet como nomenclator zoologicus, itis, zipcodezoo, ipni (The International *Plant Names* Index) entre otras que son de alta calidad para encontrar el nombre completo de su taxon.

Envío de manuscritos

Someta sus manuscritos a través de la página web de la revista. Para someter el manuscrito a través del portal web siga al pie de la letra las siguientes instrucciones:

1. Entre a la página web de Acta Agronómica:
http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica
2. Pinche en INGRESAR
3. Se llega entonces a LOGIN, donde aparece "Nombre de usuario" y "Contraseña". Si aún no se encuentra inscrito(a) en la base de datos de la revista, por favor regístrese primero e inscríbase como "AUTOR".
4. Al ingresar (con nombre de usuario y contraseña), se llega a INICIO, acá aparece una sección que dice "Acta Agronómica", con una o varias opciones, entre éstas debe aparecerle "Autor"
5. Pinche en "Autor"
6. Se llega o se entra a "Envíos activos" o "Envíos"; y en "Comenzar un nuevo envío" dice: PULSE AQUÍ para ir al primer paso del proceso de envío (5 pasos)
7. Siga todas las instrucciones requeridas para subir su archivo, el sistema le lleva, es cosa de que siga las instrucciones.

Cualquier información adicional requerida no dude en escribir al correo de la revista: actagronomica_pal@unal.edu.co

NOTAS:

1. Navegue con Mozilla, así funciona mejor el portal de la revista.
2. Por favor adicione a su envío, como **archivo complementario**, el formato de remisión de artículo debidamente diligenciado (formato 1) que le envío adjunto, esto puede contribuir a acelerar el proceso editorial de su documento. Es importante que sugiera posibles pares evaluadores externos a todas las instituciones donde están afiliados los autores.

Referencias bibliográficas:

Biotropica, 2012. Author Guidelines, General Information. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291744-7429/homepage/ForAuthors.html> [Fecha revisión: Mayo 23 de 2012]

Revista Colombiana de Entomología, 2010. Guía para la preparación y presentación de manuscritos a la *Revista Colombiana de Entomología*. 13 p. Disponible en:

REVISTA

FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA – MEDELLÍN

Lineamientos generales

Los artículos pueden ser enviados al correo electrónico: rfnagron_med@unal.edu.co, o a través del Open JournalSystem en el Portal de Revistas de la Universidad Nacional de Colombia <http://www.revistas.unal.edu.co/>, escritos preferiblemente en inglés, además en español o portugués y serán publicados en el idioma original. A criterio del Comité Editorial, se podrá solicitar a los autores la traducción al inglés de un artículo escrito en español o portugués. Adjunto se debe remitir el formato “Autorización para Publicación de Obras y Cesión de Derechos Patrimoniales”, en el cual se acepta la no postulación simultánea del artículo a otras revistas u órganos editoriales y se ceden los derechos a la Revista para su difusión.

Las formas de publicación son: artículos de investigación científica y tecnológica, artículos de revisión, artículos de reflexión y artículos cortos. Los artículos pueden ser elaborados por profesores y/o investigadores de la Universidad Nacional de Colombia, o cualquier otra institución afín, nacional o internacional, en los temas Agropecuarios, Forestales y de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. La extensión no debe exceder de 5.200 palabras, las hojas deben ser tamaño carta, escritas a doble espaciado, letra o fuente Times New Roman o Verdana, tamaño de 12 puntos, márgenes de 3 cm en la parte superior, 2 cm en la inferior y 2,5 cm en las márgenes laterales derecha e izquierda. Las tablas y figuras (es decir, los gráficos, dibujos, esquemas, diagramas de flujo, fotografías y mapas) se deben mostrar en hojas independientes y con numeración consecutiva (Tabla 1... Tabla n; Figura 1... Figura n, etc.). Los textos y tablas se deben presentar en el procesador de palabras MS-Word®; las tablas y los diagramas de frecuencia (barras y tortas) originales se deben suministrar en el archivo del manuscrito y también en su original de MS-Excel®; otras figuras, como fotografías sobre papel y dibujos, se pueden enviar en original o escaneadas y ser remitidas en el formato digital de compresión JPG (o JPEG) preferiblemente con una resolución de 600 x 600 dpi (mínimo 300 dpi); es deseable que las fotografías originales sean enviadas como diapositivas. Como norma general, las tablas y figuras sólo se aceptan en blanco y negro; excepcionalmente se incluirán en color cuando sea estrictamente necesario y a juicio del Comité Editorial.

Unidades, abreviaturas y estilo

Se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SIU), y aquellas unidades específicas de mayor uso por parte de la comunidad científica. Cuando se requiera se

debe usar la forma exponencial. Ejemplo: kg ha⁻¹. El significado de las abreviaturas debe citarse por extenso cuando se mencionan por primera vez en el manuscrito. El estilo de escritura debe ser absolutamente impersonal, en tiempo gramatical pasado para la introducción, los procedimientos y los resultados y presente para la discusión, evitando la conjugación de verbos en primera o tercera persona del singular o el plural.

Los números del uno al nueve se escriben en palabras, excepto cuando incluyen unidades de medida o se mencionan varios números. Ejemplo: “ocho tratamientos”, “3, 7 y 9 lecturas”, “15 kg”. Use cero antes del punto decimal. Para separar números en intervalos de uno o más años, use la letra “a”, y guión para temporadas de crecimiento. Ejemplo: Periodo 2002 a 2005; temporadas de crecimiento 1999-2000, 2000-2001.

Título y autores

El título del artículo no debe incluir abreviaturas y es obligatoria su respectiva traducción al idioma inglés. En lo posible, el título no debe exceder de 15 palabras y debe reflejar con precisión el contenido del documento. Cuando contenga nombres científicos de especies vegetales o animales, éstos se deben escribir con letra cursiva (itálica) en minúsculas, sólo con mayúsculas la primera letra del género y del clasificador. Debajo del título en inglés se escribe el nombre(s) y apellido(s) de los autores, sin sus respectivos títulos académicos, ni cargos laborales, en una línea horizontal y de acuerdo con su contribución en la investigación y/o preparación del artículo.

Como nota al pie de la primera página, se escribe el título de pregrado, el cargo laboral de los autores, el nombre y la ciudad de ubicación de la entidad a la cual prestan sus servicios o del patrocinador para la realización del trabajo y su respectiva dirección de correo electrónico. Además, se debe adjuntar un resumen de la hoja de vida de los autores, donde se mencionen los artículos publicados en otras revistas.

Resumen, abstract y palabras claves

El resumen no debe exceder de 250 palabras escritas en un único párrafo. Se debe escribir en español, inglés o portugués. Debe contener en forma breve la justificación, los objetivos, los métodos utilizados, los resultados obtenidos más relevantes y las conclusiones. Es obligatorio acompañar el resumen con un máximo de seis palabras clave, traducidas al inglés (keywords), distintas a las utilizadas en el título. Se aceptan como palabras clave no solo las palabras simples, sino también términos compuestos hasta de tres palabras. Deben ir escritas en minúsculas y separadas por comas.

Introducción

Puede tener o no título. Define el problema e informa sobre el estado del arte respecto al tema principal del artículo; además, señala las razones que justifican la investigación y plantea los objetivos de la misma. Es obligatorio acompañar los nombres vulgares con el nombre(s) científico(s) y la abreviatura(s) del clasificador en la primera mención dentro del texto. No se deben mencionar marcas de productos, sino su nombre genérico o químico.

Materiales y métodos

En este apartado se deben describir en forma clara, concisa y secuencial, los materiales (vegetales, animales, implementos agrícolas o de laboratorio) utilizados en el desarrollo del trabajo; además, se mencionan los aspectos relacionados con la ubicación, preparación y ejecución de los experimentos. Se debe indicar el diseño seleccionado, las variables registradas, las transformaciones hechas a los datos, los modelos estadísticos usados y el nivel de significancia empleado. Evitar detallar procedimientos previamente publicados.

Resultados

Son la parte central del artículo, deben estar respaldados por métodos y análisis estadísticos apropiados. Se deben presentar de manera lógica, objetiva y secuencial mediante textos, tablas y figuras; estos dos últimos apoyos deben ser fáciles de leer, autoexplicativos y estar siempre citados en el texto. Las tablas se deben elaborar con pocas columnas y renglones. Se debe tener la precaución de incluir el nivel de significancia estadística representado por letras minúsculas del comienzo del alfabeto (a, b, c, d,...), un asterisco simple (*) para $P < 0,05$, doble asterisco (**) para $P < 0,01$ o triple asterisco (***) para $P < 0,001$. Las investigaciones que no siguen un diseño estadístico, deben mostrar la información de manera descriptiva. Use subíndices para modificaciones, reserve superíndices para potencias o notas al pie en tablas y figuras.

Discusión

Se refiere al análisis e interpretación objetiva de los resultados, confrontándolos con los obtenidos en otras investigaciones, o con los hechos o teorías conocidos sobre el tema. Explica los resultados en particular cuando difieren de la hipótesis planteada. Destaca la aplicación práctica o teórica de los resultados obtenidos y las limitaciones encontradas. Resalta la contribución que se hace a una determinada área del conocimiento y el aporte a la solución del problema que justifica la investigación. Finalmente proporciona elementos que permitan proponer recomendaciones o lanzar nuevas hipótesis. No se deben hacer afirmaciones que van más allá de lo que los resultados pueden apoyar.

Conclusiones

Son las afirmaciones originadas a partir de los resultados obtenidos, deben ser coherentes con los objetivos planteados y la metodología empleada; además, expresar el aporte al conocimiento en el área temática estudiada y proponer directrices para nuevas investigaciones.

Agradecimientos

Si se considera necesario, se incluyen los agradecimientos o reconocimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, que hicieron contribuciones importantes en la concepción, financiación o realización de la investigación.

Literatura citada

Sólo se listan las referencias bibliográficas mencionadas en el texto. No se aceptan notas de clase, artículos en preparación o en prensa, o cualquier otra publicación de circulación limitada. Se debe evitar el exceso de auto-citas.

La bibliografía se deberá incluir al final del texto, sólo con las referencias citadas en el mismo. Las citas en el texto deben incluir apellido del autor y año, con coma entre autor y año. Ejemplo: Pérez, 1995; además conservar el siguiente orden de citación:

- Si hay más de una fecha se separarán con comas: Ejemplo:

Pérez, 1995, 1998, 2001.

- Si hay dos autores se citarán separados por la conjunción y.

Ejemplo: Gil y Ortega, 1993.

- Si hay varios trabajos de un autor publicados en un mismo año, se citarán con una letra en secuencia alfabética de los títulos, adosada al año. Ejemplo: Gómez, 2000a, 2000b, 2000c.

En el caso de citas con tres o más autores, es necesario mencionar en el texto el apellido del primero y reemplazar los demás por la expresión latina abreviada et al. que significa y otros; en la bibliografía se deben citar todos los autores.

Las comunicaciones personales, se deben citar al pie de la página y no se incluyen en la bibliografía.

Las referencias bibliográficas se deben ordenar alfabéticamente por el apellido del primer autor, sin numeración y sin sangría. Para citar varias publicaciones del mismo autor, se debe seguir el orden cronológico creciente, si son del mismo año, se debe seguir el orden alfabético de los títulos.

Las referencias deberán contener todos los datos que permitan su fácil localización.

Las referencias se citan en el lenguaje de la publicación original.

En cada referencia para el primer autor cite apellido e inicial del nombre y para co-autores primero inicial del nombre y luego el apellido, separando autores con coma. Preste atención al uso de comas y puntos.

Ejemplos:

Para libros: Autor (es). Año. Título del libro, edición, ciudad de su sede, casa editora y, páginas consultadas (pp. # - #) o

páginas totales (# p.). Ejemplo: Robinson, A., J. Morrison, P. Muehrcke, A. Jon Kimerling y S. Guptill. 1995. Elements of Cartography. Sixth edition. John Wiley and Sons, Inc., New York. 674 p.

Para capítulos de libros: Autor (es). Año. Título del capítulo, páginas consultadas (pp. # - #). En: Apellidos y nombres de los compiladores o editores (eds.), título del libro, edición, casa editora y ciudad de su sede, páginas totales (# p.). Ejemplo: Bernal, H. 1996. Capítulo 6: Evapotranspiración. pp. 112-125. En: Agrios, G. (ed.). Fitopatología. Segunda edición. Editorial Limusa, México D.F. 400 p.

Para revistas: Autor (es). Año. Título del artículo, nombre completo de la revista volumen (número): página inicial – página final. Ejemplo: García, S., W. Clinton, L. Arreaza y R. Thibaud. 2004. Inhibitory effect of flowering and early fruit growth on photosynthesis in mango. Tree Physiology 24(3): 387-399.

Ponencias en memorias de congresos, seminarios, simposios: García, M. 1998. La ingeniería geotécnica y la protección del medio ambiente. pp. 65-94. En: Memorias IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santa Fé de Bogotá.

Tesis, trabajos de grado. Gómez, C. 2004. Autoecología del Mortiño (Vaccinium meridionale Swartz Ericaceae). Tesis Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 78 p.

Abril, G. 2002. Biogeografía y Descripción de las Especies del Género *Collaria* sp. en Seis Zonas Lecheras del Departamento de Antioquia. Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 49 p.

Cita de cita. Magalhaes, L.M., e A.J. da Cruz. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. *Acta Amazônica* 9(2): 227-232. Citado por: Gómez, C.P. 2004. Autoecología del mortiño (*Vaccinium meriodinale* Swartz Ericaceae). Tesis Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 46 p.

Suplemento de revista. Silva, A.M. y N.N. Carrillo. 2004. El manglar de piruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Revista de Biología Tropical* 52 Supl. 2: 195-201.

Para citas de internet: Autor (es). Año. Título del artículo. En: Nombre(s) de la publicación electrónica, de la página web, portal o página y su URL, páginas consultadas (pp. # - #) o páginas totales (# p.); fecha de consulta.

Ejemplo: Arafat, Y. 1996. Siembra de olivos en el desierto palestino. En: *Agricultura Tropical*, <http://agrotropical.edunet.es>. 25 p.; consulta: noviembre 2003.